



Facultad de Ingeniería
Ingeniería Electrónica

Programa Especial de Titulación

Diseño e implementación de un sistema de control automático para dos hornos a vapor para la elaboración de embutidos mediante el uso de herramientas lean manufacturing

Vargas Cachique, Orlando Florencio

Para optar el Título Profesional
Ingeniero Electrónico.

Lima – Perú

2021

DEDICATORIA

La tesis la dedico con todo mi amor a Dios que ha sido mi guía en todo momento de mi vida. También se la dedico en la memoria de mis padres Florencio Vargas y Aurelia Cachique que han dado todo para sacar a sus hijos adelante. A mi preciosa esposa Gladys Cosinga y mis tres hermosos hijos Pamela Vargas, Orlando Vargas y Gerardo Vargas, que han sido los protagonistas de mi carrera profesional y la fuente de mi motivación para seguir inspirándome y dar todo de mí.

Gracias a todos por ser parte de mi vida y contar siempre con su valioso apoyo.

RESUMEN

El objetivo de la investigación se fundamentó en el diseño e implementación de un sistema de control automático para dos hornos a vapor para la elaboración de embutidos mediante el uso de herramientas lean manufacturing, lo cual beneficiara dentro del desarrollo de los procesos y procedimiento de producción de embutidos, mejora de los procesos y procedimientos, el sector alimentario en nuestro país se encuentra en pleno crecimiento y se requiere de la automatización.

Dentro del enfoque de la mejora de procesos la automatización, es un pilar fundamental para el beneficio de la industria alimentaria se utilizaron la programación de panel como el HMI de la marca SIEMENS, la cual presente una serie de ventajas como la eficiencia en el control de temperatura y humedad de los procesos, factores que son indispensables para la industria, además de llevar el control de los sensores, válvulas y control de encendido y apagado.

Con el desarrollo del sistema de control automático se obtuvo diversos beneficios como la reducción de costos, mejora en los procesos y procedimientos de la producción de embutidos, los cuales benefician a la empresa, además del desarrollo del trabajo en equipo de todos los integrantes del área de producción.

En cuanto al análisis del beneficio económico del proyecto, se puede indicar que este es viable en el mediano plazo, con un nivel de retorno menor a nueve (9) meses, lo cual ayudar para seguir desarrollando la producción de la empresa, incrementado la productividad de manera sostenida.

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I	10
ASPECTOS GENERALES	10
1.1.1. Descripción del Problema	10
1.1.2. Formulación del Problema	11
1.2. Definición de Objetivos	12
1.2.1. Objetivo General	12
1.2.2. Objetivos Específicos	12
1.3. Alcance y Limitaciones	13
1.3.1. Alcances	13
1.3.2. Limitaciones	13
1.4. Justificación	14
1.4.1. Justificación Económica	14
1.4.2. Justificación Social	15
1.4.3. Justificación Medioambiental	15
1.4.4. Justificación Tecnológica	15
1.5. Estado del Arte	16
CAPITULO 2	18
MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes	18
2.1.1. Antecedentes Internacionales	18
2.1.2. Antecedentes Nacionales	20
2.2. Fundamento Teórico	22
2.2.1. Automatización	22
2.2.2. Operaciones	22
2.2.3. Características Esenciales	22
2.2.4. Programas	23
2.2.5. Sistema de entrada - Salida	24
2.2.6. Manufactura Lean	25
2.2.6.1. Objetivos De La Manufactura Lean	25
2.2.6.2. Importancia de Manufactura Lean	26

2.2.6.3. Beneficios de Manufactura Lean.....	26
2.2.6.4. Cadena de valor.....	26
CAPITULO 3	28
DESARROLLO DEL PROBLEMA	28
3.2. Diseño del sistema mecánico.....	28
3.2.1. Cabina de los Hornos.....	29
3.2.2. Selección de material.....	29
3.2.3. Diseño mecánico del tablero de fuerza.....	30
3.2.4. Diseño mecánico de gabinete de control.....	31
3.3. Diseño eléctrico.....	32
3.3.1. Identificación de entradas y salida para el proceso.....	33
3.3.2. Control de Temperatura y Humedad Relativa.....	36
3.3.3. Medición de Temperatura y Humedad Relativa	37
3.3.4. Control de Velocidad	38
3.3.5. Diagrama de bloques	38
3.3.6. Diagrama P&ID	39
3.3.7. Diagrama de Flujo	39
3.3.8. Implementación el sistema eléctrico.....	43
3.3.8.1. Controlador lógico programable (PLC).....	44
3.3.8.2. Variador de Frecuencia.....	45
3.3.9. Implementación del sistema.....	45
3.3.10. Diseño electrónico y programación.....	47
3.3.10.1. Lógica de Programación	48
3.3.10.2. Diseño del HMI (Interfaz Humano Máquina)	48
3.3.10.3. Arquitectura del HMI	48
3.3.10.4. Software de Programación.....	49
3.3.10.5. Programación	50
3.3.10.6. Programación Ladder	50
3.3.10.7. Diseño y descripción de las Ventanas	53
3.3.10.7.1. Ventana Principal	53
3.3.10.7.2. Ventana de Estado de los dos Hornos.....	53
3.3.10.7.3. Configuración del PLC.....	55
CAPITULO 4	58

RESULTADOS	58
4.1. Resultados.	58
CONCLUSIONES.....	65
BIBLIOGRAFIA.....	67

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cadena de Valor	27
Figura 2: Diagrama de bloque del sistema	28
Figura 3: Hornos en desmontaje	29
Figura 4: Diseño de tablero fuerza	31
Figura 5: Diseño de tablero control.....	32
Figura 6: Diagrama de un circuito para un horno.	34
Figura 7: Diagrama de un circuito control.....	36
Figura 8: Control ON-OFF con histéresis.	37
Figura 9: Control ON-OFF con histéresis.	39
Figura 10: Diagrama de flujo de proceso general.	40
Figura 11: Diagrama de flujo control de temperatura	41
Figura 12: Diagrama de flujo control de humedad relativa.	42
Figura 13: Controlador lógico programable 6ES7214-1AG40-0XB0.....	45
Figura 14: Instalación de canaletas ranuradas.....	46
Figura 15: Conexión de breaker principal.	46
Figura 16: Ubicación de equipos en tablero.	47
Figura 17: Ubicación de dispositivos de fuerza y control.....	47
Figura 18: Arquitectura de interfaz humano – maquina.....	49
Figura 19: Software TIA PORTAL V15.1.	49
Figura 20: Bloques de funciones y datos.....	50
Figura 21: Bloques de funciones y datos del programa.....	51
Figura 22: Etapa inicio del sistema.....	51
Figura 23: Etapa inicio del sistema.....	52
Figura 24: Etapa inicio del sistema.....	52
Figura 25: Ventana principal HMI	53
Figura 26: Ventana de estado de los hornos.....	54
Figura 27: Configuración del interfaz.	56
Figura 28: Configuración del interfaz profinet.	57
Figura 29: Calibración de Temperatura.....	59
Figura 30: Ingreso de Datos en el HMI	59
Figura 31. Distribución del Calor dentro del Horno	60

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Procesos que realizaran los hornos.....	32
Tabla 2: Descripción de Entradas Discretas	35
Tabla 3: Descripción de Salidas Discretas	35
Tabla 4: Lista de materiales.....	43
Tabla 5: Descripción de la representación de balizas y actuadores.....	54
Tabla 6: Diseño del sistema.....	55
Tabla 7: Direcciones IP de cada dispositivo.....	56
Tabla 8: Presupuesto del proyecto.....	62
Tabla 9: Retorno de inversión.	63
Tabla 10: Cronograma de Actividades	64
Tabla 11: Plan de riesgos.....	64

INTRODUCCIÓN

El sector industrial en nuestro país, tuvo un crecimiento sostenido en los últimos años; hasta el ingreso de la pandemia del Covid-19, donde sufrió una caída, por lo cual es indispensable que se puedan desarrollar nuevas tecnologías de eficiencia para el desarrollo de la industria, con el incremento de la productividad y la mejora continua de la tecnología dentro de la industria se podrá obtener mayores beneficios para todos los involucrados dentro de la organización.

Capítulo 1, se menciona la problemática de la empresa con máquinas netamente mecánicas y con un control de proceso manual, que lleva a errores para cálculos de eficiencia, mermas de la producción, sobre costo de reproceso.

Capítulo 2, es un capítulo de investigación de publicaciones pasadas por alumnos o expertos en la materia, las cuales sus contenidos serán un gran aporte y los cimientos para este proyecto.

Capítulo 3, es determinar cómo va estar estructurado el proyecto, conociendo todos los requisitos necesarios para su construcción y puesta en marcha, cumpliendo con estándares de seguridad, funcionalidad y disponibilidad.

Capítulo 4, se va a determinar si el proyecto ha sido exitoso o hay mejoras a realizar para que cumplir con los objetivos específicos.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Definición del Problema

1.1.1. Descripción del Problema

En la empresa por la alta demanda de ventas de hamburguesas se ha descuidado en un factor fundamental que son las máquinas y la gestión de indicadores para su control e ir mejorando en su proceso. A pesar que se cuenta con personal altamente calificado se llegó a un estado de confort para hacer estas mejoras en las maquinas e indicadores. Dentro del flujo de elaboración de embutidos está el horno que debe tener un control de cocción, humedad que al no cumplirse estos puntos la materia prima no saldría al mercado por factores de salubridad y pasaría a un reproceso o merma de la producción, ocasionando altos costos de energía (electricidad, gas), mano de obra directa y materia prima. Haciendo un cálculo de merma anual de 2.3% que es significativo.

Para el desarrollo de la industria alimentaria, en los últimos tiempos se han desarrollado en el mundo diversas metodologías para el desarrollo de las áreas de producción, una de las más conocida es la Lean Manufacturing, la cual se fundamenta en la adecuada gestión de todos los procesos que se encuentran involucrados dentro de la industria, planificando de manera secuencial y de forma permanente cada uno de los procesos, la cual debe de ser

controlada por un personal capacitado y entrenado para el puesto de trabajo, todo ello para poder incrementar los beneficios de cada uno de los integrantes de la organización, mediante la consecución de estos procesos y la toma de controles de forma optima se garantiza, que no se vuelvan a suscitar los problemas que se tiene en la actualidad, dentro de la cual se carece de la toma de tiempo de producción, falta de controles de temperatura y humedad dentro de la producción de embutidos, las pérdidas que se tiene por falta de controles dentro de cada uno de los procesos supera el promedio de la actividad, lo cual se evidencia en la carencia de ingresos financieros, por lo cual es indispensable desde el ámbito de la ingeniería desarrollar los procedimientos adecuados para su automatización, mediante la utilización de materiales y equipos que cumplan con los objetivos que se esperan y de esa manera poder desarrollar el sector.

Con el objetivo de desarrollar y eliminar la problemática que se tiene en la actualidad esencial que todos los involucrados se encuentren tengas el pleno conocimientos de cada una de las etapas que se deben de realizar, que se tomen todos los controles de una manera uniforme y constante, el personal tiene que conocer cada uno de las especificaciones de la ruta de la producción, para poder controlar y minimizar los riesgos dentro del proceso de producción que se realice.

1.1.2. Formulación del Problema

Problema Principal

¿Por qué diseñar un sistema de control automático y manual para dos hornos a vapor para la elaboración de embutidos, mediante la aplicación del lean manufacturing?

Problemas Específicos

¿Cuál es la relación entre minimizar tiempos de producción en la elaboración de embutidos, diseñando e implementando un sistema de control óptimo para los diferentes procesos que realizan los hornos, mediante la aplicación del lean manufacturing?

¿Cuál es la relación entre facilitar el manejo de los procesos del horno con un interfaz humano máquina (HMI) cumpliendo normas y estándares de ingeniería, mediante la aplicación del lean manufacturing?

¿Cuál es la relación entre minimizar los riesgos existentes para el operador utilizando funciones de seguridad ante cualquier falla o emergencia en el proceso, mediante la aplicación del lean manufacturing?

¿Cuál es la relación entre mantener estándares de calidad controlando los valores de temperatura y humedad relativa ideales para el producto dentro de los hornos, mediante la aplicación del lean manufacturing?

¿Cuál es la relación entre facilitar la operación y mantenimiento del sistema de control automático mediante la elaboración de documentación técnica y manuales de ingeniería, mediante la aplicación del lean manufacturing?

1.2. Definición de Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de control automático para dos hornos a vapor, utilizados en la elaboración de embutidos.

1.2.2. Objetivos Específicos

Identificar el proceso para el área de producción de hornos, con el fin de realizar el diagnóstico de la situación actual y el planteamiento de la situación propuesta.

Analizar las variables críticas del proceso susceptibles de mejorar desde el uso de tecnologías de automatización identificando alternativas viables. Con el fin de garantizar que el proceso de producción sea lo más eficiente y seguro para los colaboradores.

Evaluar la simulación del sistema propuesto en el proyecto basado en el análisis financiero por medio de indicadores y análisis costo/beneficio.

1.3. Alcance y Limitaciones

1.3.1. Alcances

El proyecto está enfocado en el diseño e implementación de un sistema de control automático y manual para dos hornos térmicos, utilizando PLC's, sensores, actuadores y paneles de operador.

La infraestructura metálica de los hornos de dimensiones 2.45 m de altura, 1.92 m de ancho y 2.40 mm de profundidad, como el conexionado de tuberías a la fuente de vapor han sido implementadas previamente al desarrollo de este proyecto.

La importancia que tiene Lean, que lo diferencia de otras metodologías, es que no solo se enfoca en el desarrollo y mejora de los procesos y procedimientos de cada una de las líneas de producción de la industria, sino que además garantiza que el personal se encuentre en constante aprendizaje para poder desarrollar cada uno de los procesos agregándole valor no solo al producto o servicio sino a todo lo relacionado con el área de producción, con ello se garantiza que los procesos de mejora y lineamientos puedan ser relavados por un personal nuevo y conocer todos los procesos para seguir con el crecimiento sostenido de la calidad de los productos o servicios, como en el caso de la toma de tiempo, humedad y temperatura, mediante al tablero de control y poder conocer y realizar el seguimiento respectivo en funcion a lo largo de la cadena de valor.

1.3.2. Limitaciones

La falta de liquidez económica dentro de la empresa dificulta que se puedan implementar de manera óptima y con las últimas tecnologías el desarrollo de controles automáticos para el desarrollo de los hornos a vapor, mediante la aplicación del lean manufacturing.

La ejecución de este proyecto busca abastecer la demanda creciente en la elaboración de embutidos en el mercado peruano, utilizando tecnologías de automatización, y así reducir tiempos de producción implementando dos hornos adicionales a las líneas de producción actuales de la empresa.

El desarrollo del diseño e implementación de un sistema de control automático dentro de la empresa contribuirá al desarrollo de la práctica organizacional de toda la empresa, mediante la cual se contribuirá para que el desarrollo de dos hornos a vapor para la elaboración de embutidos mediante el uso de herramientas lean manufacturing.

La aplicación de los controles automáticos para la elaboración de embutidos y la utilización de la herramienta lean manufacturing, permitirá que los estados financieros de la empresa se incrementen para el beneficio de todos los grupos de interés.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación Económica

Actualmente, El Perú pasa por una grave crisis económica por la pandemia del Covid – 19, todos los sectores económicos se han visto afectados en especial el sector industrial, el cual según el último reporte del MEF (2021) calcula un déficit de aproximadamente un 7% con respecto al año anterior, esta grave problemática repercute para que las empresas puedan invertir en las mejores de sus tecnologías, procesos y procedimientos para hacer más óptimos cada uno de sus procesos, por ello es fundamental que se mejoren sus procesos de automatización, con el objetivo de elevar la rentabilidad y como consecuencia ser más competitivos.

1.4.2. Justificación Social

El desarrollo de Manufactura Lean, permitirá desarrollar, todos los procesos y procedimientos que deben seguir todos los trabajadores de la empresa, para el logro de los objetivos todo el personal debe ser capacitado de forma constante, para minimizar los riesgos de daños y perjuicios al medioambiente, con un personal plenamente identificado con sus labores, para lo cual se realizara labores de seguimiento y capacitación constante, a lo largo de las líneas de producción para el desarrollo y la garantía de tener una mejor calidad de vida para todos los grupos de interés.

1.4.3. Justificación Medioambiental

Conservar, preservar y fortalecer la relación con el medioambiente y nuestro entorno, garantizando el desarrollo de todo el grupo de interés según los objetivos de la “Agenda 2030” adoptada por las Naciones Unidas en 2015. En ella, se establecen un total de 17 objetivos de sostenibilidad para las áreas del medio ambiente, la economía y los asuntos sociales, con los que todos los Estados miembros de la ONU están comprometidos. En la era de la globalización, las empresas industriales también tienen la gran responsabilidad para el desarrollo de procesos lo menos invasivos posibles contra el ecosistema y desarrollar una relación de eficiencia con el medio ambiente.

1.4.4. Justificación Tecnológica

La implementación de la metodología de Manufactura Lean, generara dentro del proceso productivo el desarrollo de labores más eficientes, económicos y agregando valor, mediante el desarrollo de la mejora continua, tomando medidas de tiempo, reduciendo a la mínima expresión las posibles mermas y desperdicios, para el logro de estos objetivos es fundamental que dentro de la organización se tenga como visión el desarrollo de una empresa con tecnología de avanzada, para ser mas competitivos cada vez más y mejorando de forma constante su competitividad.

1.5. Estado del Arte

La Automatización según Gonzales (2014), señala que en la actualidad existen múltiples herramientas, instrumentos y equipos tecnológicos que sirven para resolver problemas en el quehacer diario a nivel personal, profesional o empresarial, desde los más sencillos hasta los más complejos, por su parte Miranda (2014, p. 31), refiere que en las últimas décadas, la tecnología, ha dado pasos gigantescos en comparación con los logros y avances de los siglos anteriores, esta tecnología se está aplicando a todas las áreas técnicas y científicas, particularmente en la especialidades de ingeniería, este caso de la Ingeniería mecánica eléctrica.

El uso de estas tecnologías ha surgido la necesidad de reorganizar la estructura orgánica de las empresas para establecer procedimientos, guías, normas técnicas que regulen su uso respectivo y poder brindar productos y servicios de calidad. En América Latina, en muchos países, las empresas han incluido dentro de sus presupuestos financiamiento para adquirir nuevas tecnologías y contar con certificaciones de calidad para garantizar un producto y/o servicio óptimo, seguro, responsable y eficiente.

Según Martínez, Meléndez y Velásquez (2018, p.11), señala que, en México, en la última década existe una tendencia de crecimiento en la industria de automatización de maquinaria. Esta tendencia de crecimiento ha ido en paralelo con la incorporación de nuevas tecnologías que faciliten las actividades y procesos de automatización; como son las máquinas electrohidráulica mecánicas, 11 semiautomáticas o automáticas para abastecer los requerimientos de la industria; para Esparza, López y Zúñiga (2018, p.2), son partes básicas y fundamentales en la implementación de automatización de forma artesanal o manual, esta práctica es lenta y fatigosa, lo cual dificulta los procesos, además de muchas dificultades para trabajar; pero el requerimiento de reducción de costos de manera permanente y prioritaria; por lo tanto, la tecnología para el desarrollo de proyectos, es

necesario. Frente a una demanda de máquina automatizada es fundamental la reducción de los costos, tendiendo en consideración el tiempo y al alcance; el objetivo es que esta maquinaria sea usada en las pequeñas y medias industrias, así se contribuye con el crecimiento e incorporación de la tecnología en la automatización industrial construcción. Arce (2019, p. 17).

Por parte del Manufacturing Lean, en los últimos años las empresas que desean trascender en el tiempo han implementado esta metodología, para poder desarrollar procesos de mayor trascendencia, donde cada uno de los integrantes se sienta identificado con la empresa, donde durante el proceso se agregue valor, con el ideal de ser más competitivos, con el mínimo de recursos, para Cantú (2018) realizando labores de trabajo en conjuntos entre todos, entendiendo que nos encontramos en un mundo cada vez mas cambiante donde la tecnología es lo fundamental para poder desarrollarse y ser reconocidas dentro de la industria.

Para Sánchez (2017) es fundamental la implementación de la metodología dentro de la organización porque ayuda para organizar cada uno de los procesos, agregándole valor a cada uno de los momentos, minimizando recursos y realizando todo lo necesario para poder satisfacer a los clientes.

Por su parte Melton (2005) indica luego de realizar un análisis de las empresas alrededor del mundo que solo el 5% de ellas aplican la metodología, las cuales tienen un crecimiento de manera sostenida desde su aplicación, además que tener en consideración que dentro de estos procesos se agrega el valor respectivo, para el logro de estos objetivos se realizan labores de seguimiento, control y auditoria de forma constante,

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Villanueva (2019) realizó la investigación titulada “Análisis y propuesta de mejora de una empresa metalmecánica utilizando manufactura esbelta”, la investigación tuvo como objetivo el análisis de la implementación de la metodología esbelta dentro de la empresa, para lo cual dentro de la compañía se desarrollo todos los procesos y procedimientos, en la cual se concluyo que dentro de la compañía luego del desarrollo de la implementación la rotación fue de 7.23 por año, con la cual se mejoro en un 24% con respecto a los anteriores procesos, adicionalmente los tiempo de mejora se redujeron en aproximadamente 50 días con lo cual se mejora con un incremento de los estados financieros y la reducción de los costos variables, dentro de los procesos también se produjeron y agregaron valor a cada uno de los procedimientos para la satisfacción de los clientes.

Bautista y Campillo (2019) realizó la investigación titulada “Metodología para la Implementación de la Manufactura Esbelta en los Procesos Productivos para la Mejora Continua” la cual tuvo como objetivo desarrollar la línea de producción para poder satisfacer

a la mayor cantidad de clientes y posicionarse en el mercado, se concluyo que para poder agregar valor a los procesos se tiene que en primer lugar implementación los flujos de procesos de manera sostenida, adicionalmente gestionar de forma optima cada una de las materias primas e insumos que son necesarios para el proceso, el personal tengo el total conocimiento de sus funciones y pueda desarrollarlos siguiendo los lineamientos de la metodología, con la aplicación de estos procesos se generó un incremento sustancial en los ingresos que en promedio fueron del 5%, adicional a ello cambio de perspectiva sobre la forma adecuada de desarrollar cada uno los puntos críticos del proceso de producción, para minimizar los riesgos y gestionarlos de manera adecuada

Cumbal y España (2019) “Diseño y construcción de una máquina hidráulica dobladora de tubos semiautomática con rodillos intercambiables”, el objetivo fue el diseño y la construcción de una maquinaria hidráulica, para lo cual usaron una investigación cuasi experimental y se estableció como objetivo general: diseñar y construir una maquinaria hidráulica semiautomática con rodillos intercambiables para doblador tubos, con la cual permitiría a la empresa el control de todo el proceso de construcción. Entre las principales conclusiones, tenemos: Haciendo una comparación económica entre los costos de realizar construcción con y sin esta máquina, se constató que tiene un ahorro significativo de aproximadamente del 93% al año en tener que comprar el material, transportar, mano de obra, etc. y por otro lado se incrementa la calidad de la construcción, ahorra tiempo e incrementa la rentabilidad. Con el diseño de la máquina se garantizó la presión máxima que va tener al realizar el doblado, sin alteración garantizando un doblado permanente con los mismos parámetros. Así mismo se ha cumplido con las normas internacionales técnicas y de seguridad para contar con una máquina sencilla de fabricar y con una tecnología adaptada a las condiciones de la empresa.

Navarrete (2019) realizó la investigación titulada “Diseño y construcción de una máquina para envasado de agua”. La investigación tuvo como objetivo el desarrollo de una maquina

envasadora de agua, mediante la aplicación de la Lean, se concluyo que cuando se aplica el desarrollo de la metodología los procesos sufren una disminución de costos de alrededor el 23%, para el logro de este objetivo todo el personal del área de producción se involucro en el manejo y aprendizaje de todos los procesos y procedimientos a través de la cadena productiva agregando valor, se deben realizar labores de supervisión y de auditoria de forma constante para que el llenado de las botellas de agua no tenga ningún tipo de problemas y los consumidores se sientan satisfechos con el producto que reciben y en funcion a ello los procesos dentro de la empresa se mejorar de forma constante.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Ponce y Malca (2019) realizaron la investigación titulada “Análisis y propuesta para el diseño de un sistema de supervisión y control para un centro operacional de distribución de gas natural en la región Ica”. La cual tuvo como objetivo el desarrollo de un análisis integral de todos los diseños para el desarrollo de una supervisión optima, para lo realizó un análisis de los diversos sistemas, entre los cuales se selecciono a SCADA; se concluyó que mediante la aplicación de este sistema, los procesos de llenado de los diversos distribuidores mejoraron en un 30%, adicionalmente a ello la cadena de producción, los tiempo de recepción, llenado y envasado disminuyeron en un 26%, lo cual es fundamental para el desarrollo e implementación de nuevas plantas y consolidarse en el mercado como una empresa que contribuye con la eficiencia dentro de todos sus procesos y ser mas competitivos. Dentro de este proceso fue fundamental el sistema de control e interfaz a través del HMI, mediante el cual se tiene el control de toda la línea de producción.

Ortega y Vilches (2012) realizaron la investigación titulada “Propuesta de mejora en la línea de envasado de balones de GLP para incrementar la productividad de la empresa envasadora Caxamarca Gas S.A – Cajamarca”. Se tuvo como fundamento el generar una mayor productividad a lo largo de la cadena de producción, se concluyo que para el

desarrollo de la competitividad en el mercado fue fundamental que todos los trabajadores del área de producción tengan pleno conocimiento de las operaciones para ser mas eficientes en la entrega de los productos, adicionalmente cada uno de ellos se tiene que involucrar en su trabajo, deben tener las condiciones optimas para poder desarrollar sus labores sin ningún tipo de contratiempo que le impida mejorar de forma constante para el bienestar de su familia y de todos los integrantes de la organización de manera que se forme y fortalezca un gran equipo.

Calluchi (2019), realizo la investigación titulada “Propuesta de mejora del proceso productivo de la línea de productos de papel tisú mediante el empleo de herramientas de manufactura esbelta” la investigación se fundamentó en poder la importancia que tiene la aplicación de la metodología para garantizar el bienestar y el desarrollo de toda la cadena de producción, se concluyo que dentro de la organización con la implementación de la metodología se obtuvo un incremento en los ingresos de mas del 26% con respecto al año anterior, adicionalmente se debe desarrollar una capacitación constante para todos los integrantes de área de producción para que la disminución de las mermas y desperdicios sean lo mínimo posible y los ingresos se incrementen de forma constante en función del adecuado proceso que desarrollan dentro de la empresa.

Flores (2019) realizo la investigación titulada “Optimización De Procesos en la Fabricación de Termas Eléctricas Utilizando Herramientas De Lean Manufacturing” la investigación se fundamento en conocer como la utilización y aplicación de Lean puede generar un incremento en la producción de termas y adicionalmente poder disminuir las perdidas que se obtienen del proceso productivo. Se concluyo que los estados financieros de la organización se incrementaron en mas de un 27%, los procesos de manufactura cada vez se desarrollaron mas mayor fluidez, los flujos de rotación fueron cada vez mas constantes, todos los integrantes del equipo se encuentran con la convicción para desarrollar un trabajo en plena concordancia con los objetivos empresariales.

Ramos (2018) realizó la investigación titulada “análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de fideos en una empresa de consumo masivo mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta”, la investigación tuvo como objetivo analizar las diversas propuestas sobre la línea de producción de fideos, mediante la aplicación de la metodología, se concluyó que mediante la aplicación de la metodología esta puede disminuir sus costos variables en más de un 18%, las mermas y desperdicios dentro del ámbito de producción disminuyeron en alrededor del 14%, con lo cual se busca que se garantice el desarrollo de la cadena de manera continua, de igual forma se debe realizar el mantenimiento de cada una de las áreas de manera frecuente para que la rentabilidad no disminuya y por el contrario se incremente de manera frecuente.

2.2. Fundamento Teórico

2.2.1. Automatización

La automatización es la simplificación de elementos que cuentan con sistemas o procesos en la industria, comercio, hogares, retail entre otros, como la informática, mecánica, neumática, hidráulica y otros sistemas que deben manejarse con una mínima intervención del ser humano, debemos tener presente que los procesos de implementación de mejora continua, lleva consigo el desarrollo de un sistema de control específico como un software donde se puedan controlar los ingresos, procesos y producto final de la cadena de producción donde se le agrega valor.

2.2.2. Operaciones

Para tener el control de las operaciones se deben contar con un adecuado sistema de control mediante el cual podamos tener acceso de manera inmediata desde cualquier lugar, controlar los ingresos, procesos y productos finales, desarrollando para ello una serie de

secuencias las cuales deben ser cubiertas y supervisadas por todos los miembros del equipo, controlar los sistemas de tiempo, temperatura, humedad, entre los principales.

2.2.3. Características Esenciales

Para el desarrollo de la implementación se debe contar con los equipos seleccionados de forma óptima, todos los materiales y equipos deben ser eficientes y de calidad para poder controlar cada una de las etapas, el manejo y control de la arquitectura interna, el manejo y ejecución de todos los procesos internos tiene que contar con las memorias de respaldo, los controladores deben estar en configuración para los programas RAM, EPROM, entre los principales.

2.2.4. Programas

Para el desarrollo de la automatización de los procesos, es esencial que se tengan definidos los programas desde donde se desarrollaran, el tipo de almacenamiento que debe tener, las niveles y grados de conectividad, mediante los cuales se puede desarrollar una gestión adecuada del sistema de control, para el logro de este objetivo se tiene que tener claro las siguientes características:

- Desarrollo inicial de un control del sistema
- Realizar la lectura inicial para conocer la interfaz del sistema
- Controlar el ingreso al sistema mediante una prueba piloto
- Realizar la evaluación de todo el sistema, mediante el sistema de control seleccionado

Mediante la automatiza se busca reducir los tiempos de ingreso a cada una de las interfaces del sistema, realizar las labores de escritura y lectura de manera frecuente y coordinada,

realizando grabaciones de manera sistemática y aleatoria para no perder ningún tipo de información que perjudique al sistema.

Los controles deben ser evaluados de forma periódica, por los problemas que se puedan suscitar dentro del marco de control, el sistema siempre tiene que contar con una copia de seguridad para poder realizar las evaluaciones respectivas, cada uno de las entradas del sistema tienen que encontrarse previamente evaluadas y diseñadas de forma que no permitan el ingreso de ningún tipo de error al momento de su ejecución.

Las unidades de control tienen que contar con el soporte adecuada para la ejecución de las entradas y salidas, tener un mayor soporte cuando se realizan labores de una gran complejidad.

Cada uno de los procesadores tiene que tener una acción de respaldo, para poder realizar las labores de análisis y condicionamiento de todos los procesos, los controles de ejecución tienen que realizar el intercambio de datos, mediante el cual se permita emitir las señales desde donde se indique algún tipo de avería o mal funcionamiento del sistema.

2.2.5. Sistema de entrada – Salida

El desarrollo del sistema de automatización, de cada uno de los controles e interfaces de ingreso y salida del sistema hace posible que se pueda comunicar con el CPU, mediante el cual se pueden realizar labores de conectividad de forma centralizada como distribuida para cada una de las componentes del sistema ya sea de forma inmediata como remota.

La capacidad de almacenamiento debe estar en relación con el conjunto de actividades que se desarrollan dentro de los procesos de ingreso y ejecución para cada una de los elementos del sistema, los cuales a su vez deben de emitir señales de control con el fin de tener una adecuada interpretación y manejo de todos los controles.

Cada uno de los componentes, acciones de medición, evaluación y control se tiene que realizar de forma frecuente, realizando una labor de inventario de cada uno de ellos, se debe disponer de una data histórica, de cada tipo y nivel de funcionamiento, mediante el cual se pueda gestionar todos los procesos dentro del programa.

2.2.6. Manufactura Lean

Es la metodología de como las empresas que desean realizar labores de innovación se adaptan a los procesos de cambio para una mejora de forma constante dentro de sus procesos de producción, mediante la aplicación de herramientas que ayudan a generar mayores ingresos dentro de la compañía.

Dentro de todos estos procesos lo que se busca generar es el desarrollo de una cultura de cambio constante, reducir los niveles de merma dentro del proceso productivo, agregarle valor dentro de cada una de las empresas en donde se desarrolla y genera el inicio para el proceso de optimización.

Es por ese motivo que es indispensable contar con un personal capacitado y entrenado para cada una de las etapas de producción, que el personal se sienta involucrado y comprometido con el manejo de cada una de las operaciones, dentro de los lineamientos de todo el proceso se tienen que tener presentes que se debe contar con las herramientas necesarias para poder desarrollar la empresa y que se vuelva más competitiva.

2.2.6.1. Objetivos De La Manufactura Lean

Es desarrollar en la industria el manejo de su filosofía a todo nivel, es decir, que todo el equipo se sienta involucrado y comprometido con el crecimiento de la empresa, para ello el personal tiene que tener las herramientas necesarias para el logro de esos objetivos, contar

con una diversidad de implementos para hacer más fácil su trabajo con los recursos adecuados y de manera óptima.

2.2.6.2. Importancia de Manufactura Lean

Dentro de la importancia que tiene para la industria podemos indicar lo siguiente:

- Busca la reducción de las mermas de la producción para el beneficio de la empresa
- La rotación de los inventarios sea de manera mas constante y los niveles de producción se incrementen
- Desarrollar un incremento en productos entregables en el menor tiempo posible y con el mínimo de mermas
- Generar dentro de los trabajadores la cultura de desarrollar el trabajo de manera eficiente y ordenada.
- Identificar cada parte del área de producción y obtener el mayor beneficio para aumentar la productividad

2.2.6.3. Beneficios de Manufactura Lean

Los beneficios que tiene la implementación dentro de la empresa, son la reducción de tiempos ocios, el incremento de la rotación de los inventarios, el manejo adecuado de todos los materiales primos del proceso, la generación de valor dentro de la organización para hacerlo más competitiva, el reconocimiento de los clientes por la entrega de sus productos a tiempo y que exceda a sus expectativas.

2.2.6.4. Cadena de valor

Dentro del proceso de desarrollo de la cadena de valor, se tiene que tener presente que se debe identificar en primera instancia el producto al cual se le desea agregar valor, en seguida desarrollar un mapa de valor, crear un flujo de todo los procesos y procedimientos que se seguirán para llegar al objetivo esperado, realizar todas las acciones para la mejora

de la producción minimizando los riesgos y desarrollo adecuado, finalmente perfeccionar el proceso para el desarrollo de la mejor continua.

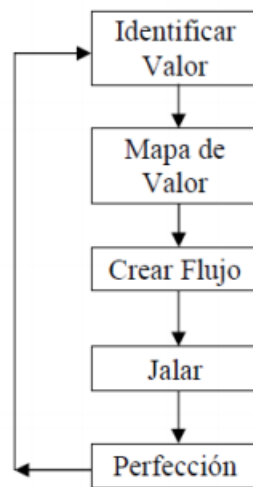


Figura 1: Cadena de Valor

Fuente: elaboración propia

CAPITULO 3

DESARROLLO DEL PROBLEMA

3.1. Diagrama de bloques.

En el diagrama de bloques se demuestra el nuevo funcionamiento del sistema en la elaboración de embutidos para dos hornos automatizado.

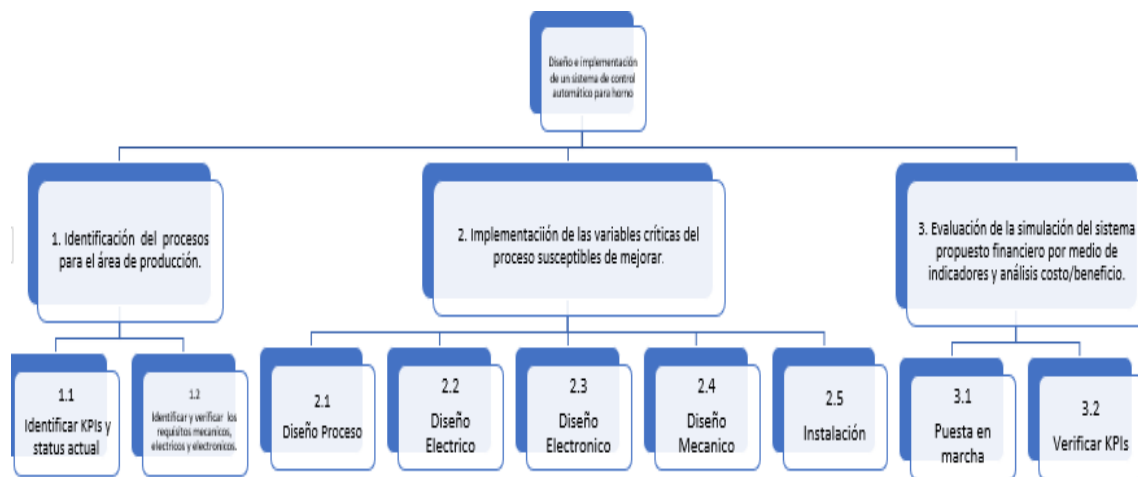


Figura 2: Diagrama de bloque del sistema.

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Diseño del sistema mecánico.

3.2.1. Cabina de los Hornos.

Se utilizó la estructura de los hornos antiguos, tuberías, quemadores, ventiladores, todo en acero inoxidable. Cada horno tiene una capacidad 0.5 toneladas cada 6 horas, haciendo que la capacidad de los hornos sean de 1 tonelada cada 6 horas.

Las medidas del horno están elaboradas para que haya un buen flujo de aire caliente en los laterales, parte superior e inferior:

Altura: 2.5 metros

Ancho: 2.1 metros

Profundidad: 2.1 metros



Figura 3: Hornos en desmontaje.

Fuente: Empresa que se implementa el proyecto.

3.2.2. Selección de material.

Como se menciona líneas arriba la estructura del horno y los componentes externos o periféricos se utilizaron del mismo horno, con la finalidad de optimizar costos y se recomendó a la empresa que se haga una limpieza profunda para retirar restos de grasas impregnadas, que no afectan la automatización del sistema y tener los hornos estado inocuo.

La estructura del horno (techo, paredes, piso), las tuberías, pernos, sujeciones esta realizado en acero inoxidable.

A nivel mundial, la actividad industrial cada vez mayor trascendencia, por los constantes cambios que suscitan en innovación y tecnología, por lo cual las empresas siempre tienen que encontrarse en constante cambio para ser competitivas en un mercado cada vez mas desarrollado.

Los clientes requieren que los servicios de entrega sean en el menor tiempo posible, con los mejores estándares de calidad, mediante el cual se identifiquen con la empresa, y puedan comprarle no solo una vez sino en más de una ocasión.

3.2.3. Diseño mecánico del tablero de fuerza.

Hemos elaborado un diseño mecánico para el tablero eléctrico que también es un material en acero inoxidable, esto con la finalidad que la industria alimenticia solicita que los tableros sean de un material inocuo y cuando haya una alta demanda de humedad y evitar corrosiones que podrían tener una contaminación cruzada al producto final.

La ubicación asignada para el armario se encontrará en el exterior de la nave industrial con una cubierta metálica, para lo cual se requiere enfatizar la robustez y seguridad debido a las condiciones medio ambientales que se expondrá el armario.

Según el espacio disponible, se procede a desarrollar el diseño del armario con las dimensiones de 1.60 m de ancho, que ayudara a la distribución del tablero de fuerza y el tablero de control 2 m de alto con una base de 10 cm desde el piso y 0.6 m de profundidad.



Figura 4: Diseño de tablero fuerza.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4. Diseño mecánico de gabinete de control.

El gabinete se localizará cerca de los hornos, lo cual al ser una industria alimenticia este se verá sometido a condiciones de temperatura y humedad para su limpieza, y se tendrá en cuenta en el diseño exacto para la perforación de la puerta donde se instalará el panel, evitando daños eléctricos por ingreso de agua.

Con las dimensiones de 0.5 metros de ancho, 0.37 metros de alto y 0.10 metros de profundidad.

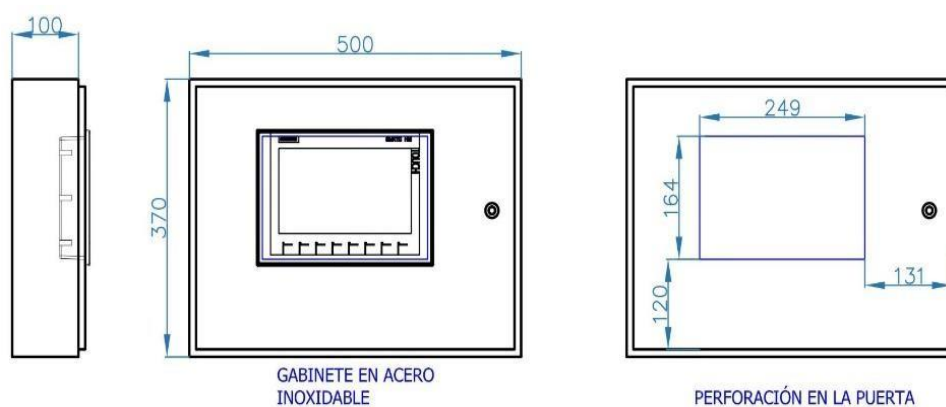


Figura 5: Diseño de tablero control.

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Diseño eléctrico.

Para tener el control del área de la producción se busca que los hornos en modo automático ejecutarán tareas en base a recetas ingresadas por el administrador del sistema y efectuarán los procesos los cuales se detalla en la Tabla 3. La activación de los actuadores será en función a los datos de temperatura o humedad relativa y acorde a los procesos establecidos.

Tabla 1: Procesos que realizaran los hornos

Proceso	Turbinas	V1	V2	V3	VP1	VP2	VP3	Ahumador
Cocinado	X	X	X		X			
Ahumado	X	X					X	X

Secado	X	X	X		X	X
Duchado	X			X		
Extracción	X				X	
Sin Proceso						

Nota. V1: Válvula de Vapor Directo, V2: Válvula del Serpentin, V3: Válvula de Agua Fría, VP1: Extracción de Aire, VP2: Entrada de Aire Fresco, VP3: Entrada de Humo

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1. Identificación de entradas y salida para el proceso.

Para el diseño del sistema de control se establece las entradas y salidas indispensables a ocuparse en el controlador para las funciones previstas, esto ayuda a la vez a identificar si es exigente el uso de módulos para incrementar el número de E/S en el autómata. A continuación, se describe las variables requeridas por el sistema.

Desde la barra repartidora se alimentará 10 interruptores automáticos (Q1-Q10) más conocidos como guardamotores cumpliendo el rol de protección, que a su vez conecta con 8 variadores de frecuencia (VDF1-VDF8) para el control de velocidad en los ventiladores de distribución de aire en la cámara y 2 contactores (K1-K2) que ayuda al control de encendido de los ahumadores.

Identificando las entradas y salidas que se ocuparán se establece un diagrama en general de conexión del circuito de control.

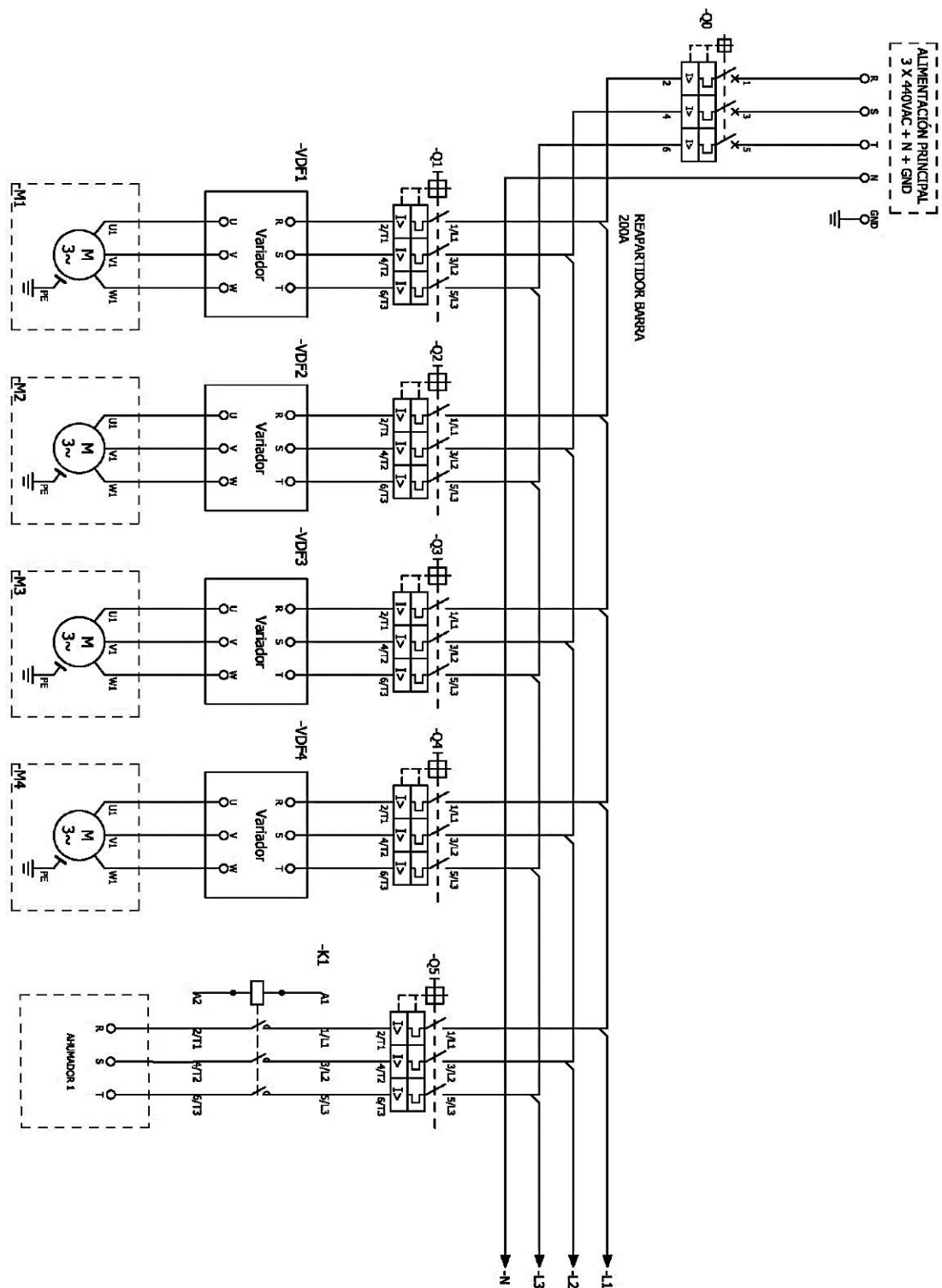


Figura 6: Diagrama de un circuito para un horno.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2: Descripción de Entradas Discretas

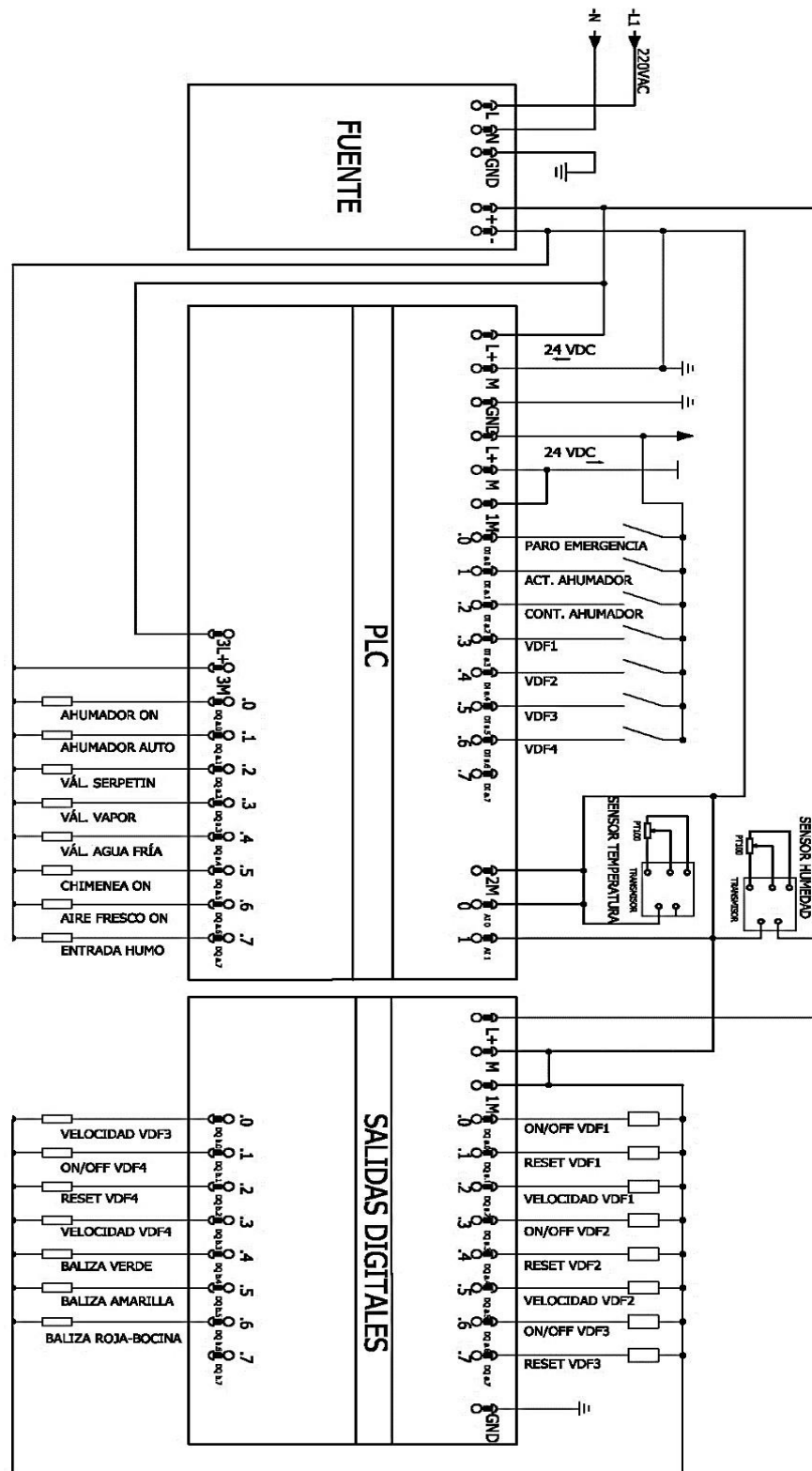
Entrada	Descripción
1	Paro de emergencia
2	Activación del ahumador
3	Control del ahumador
4	Variador de frecuencia 1
5	Variador de frecuencia 2
6	Variador de frecuencia 3
7	Variador de frecuencia 4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3: Descripción de Salidas Discretas

Salida	Descripción	Salida	Descripción
1	Encendido ahumador	13	Reset variador de frecuencia 2
2	Activación de ahumador automático	14	Velocidad variador de frecuencia 2
3	Válvula de serpentín	15	ON/OFF variador frecuencia 3
4	Válvula de ingreso de vapor directo	16	Reset variador frecuencia 3
5	Válvula de ingreso de agua fría	17	Velocidad variador de frecuencia 3
6	Activación chimenea	18	ON/OFF variador frecuencia 4
7	Activación entrada de aire fresco	19	Reset variador de frecuencia 4
8	Activación entrada de humo	20	Velocidad variador de frecuencia 4
9	ON/OFF variador de frecuencia 1	21	Baliza luz verde
10	Reset variador de frecuencia 1	22	Baliza luz amarilla
11	Velocidad variador frecuencia 1	23	Baliza luz roja - bocina
12	ON/OFF variador de frecuencia 2		

Fuente: Elaboración propia.



El proceso térmico contempla el accionamiento de las válvulas de forma automática para el paso de vapor dentro del horno. Es así que, haciendo uso de sensores de temperatura, dentro del hornos, se podrá dar el debido control de funcionamiento de los actuadores.

A causa de los requerimientos impuestos como también a que el rango de temperatura de trabajo es alto y no es necesario una exactitud relevante, se considera conveniente un controlador simple que mantenga la temperatura en un margen de tolerancia a $\pm 3^\circ\text{C}$. El control ON-OFF con histéresis debido a que su respuesta es de tipo todo o nada, activará las válvulas cuando la temperatura descienda hasta un valor por debajo de la histéresis diferencial y se desactivarán cuando dicha variable supere el límite superior como se observa en la siguiente Figura, evitando así el número excesivo de conmutaciones.

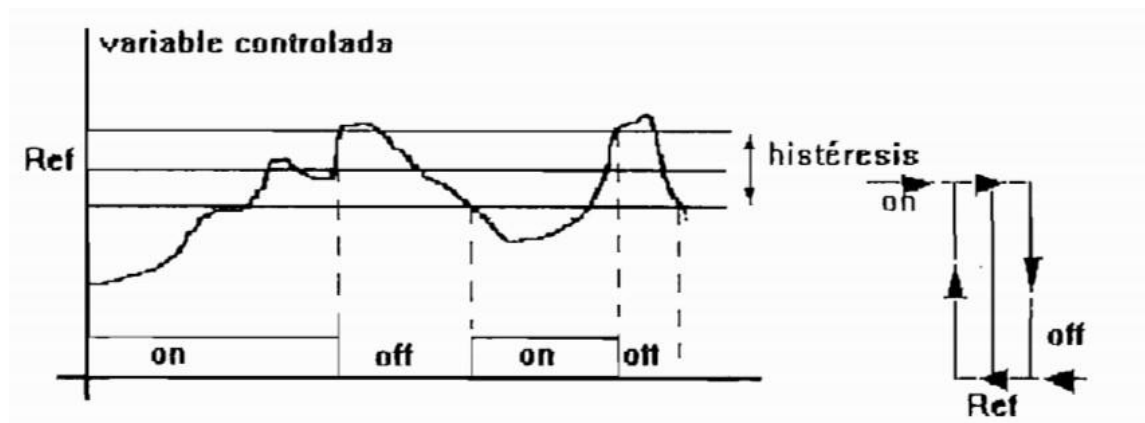


Figura 8: Control ON-OFF con histéresis.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. Medición de Temperatura y Humedad Relativa

Para la medición de temperatura los aspectos a considerar que más sobresalen para este tipo de aplicaciones térmicas dentro de la industria alimenticia es su rango de operación, su exactitud y estabilidad para lo cual se designó el uso de un detector de temperatura por resistencia (RTD) como lo es el PT100, al cual se conectará a un transmisor de temperatura que generará una señal de 4 a 20 mA.

Mientras que para la captación de humedad relativa dentro de la cámara se acondicionó otro sensor de temperatura PT100 cubierto en una envoltura húmeda de algodón conocido como bulbo húmedo que al relacionar con la señal del sensor de temperatura de bulbo seco en el controlador se obtiene la magnitud requerida.

3.3.4. Control de Velocidad

El control de velocidad en los ventiladores de aire dentro de la cámara es un requerimiento necesario por parte de la empresa encargada de la elaboración de embutidos, ya que la velocidad del aire influye en la transferencia de calor. Un variador de frecuencia notoriamente es la solución debido a la facilidad de variación de velocidad rotacional del motor, trabajando directamente en la frecuencia de la corriente eléctrica suministrada, además de que este puede ser configurable desde el controlador.

El uso de variadores de frecuencia puede brindar además la ventaja de permitir el arranque suave del motor aumentando la vida útil del mismo y mejorando su rendimiento.

3.3.5. Diagrama de bloques

Con un diagrama de bloques se brinda una representación gráfica generalizada del funcionamiento interno de los elementos implicados en el control y automatización del sistema.

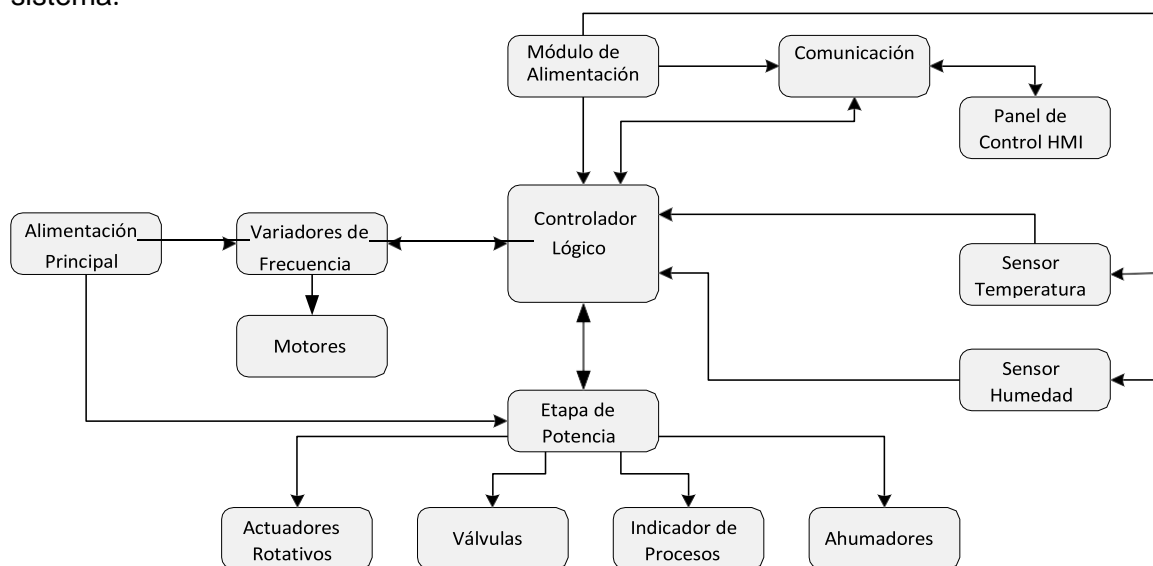


Figura 9: Control ON-OFF con histéresis.

Fuente: Elaboración propia.

Como se lo observa en la Figura se precisa la etapa de alimentación, potencia, comunicación, control y supervisión que requiere el sistema que se instalará en los hornos.

3.3.6. Diagrama P&ID

El diagrama P&ID denota la representación de condiciones de diseño, el flujo de proceso, como también los equipos e instrumentos a instalarse en el sistema. en el Anexo A se adjunta el plano del diagrama en cuestión indicando la interconexión de los diferentes elementos del proceso y la función de cada instrumento, proporcionando una información clara y concisa con un giro más técnico.

3.3.7. Diagrama de Flujo

En la Figura se presenta el diagrama de flujo el mismo que demuestra el proceso de control que se plasmará en el algoritmo que utilizará el controlador para su debido funcionamiento en el sistema, se muestra también los subprocesos de control de temperatura y humedad relativa por implementar, ya que estos deben cumplir algunas condiciones para su ejecución en el proceso general.

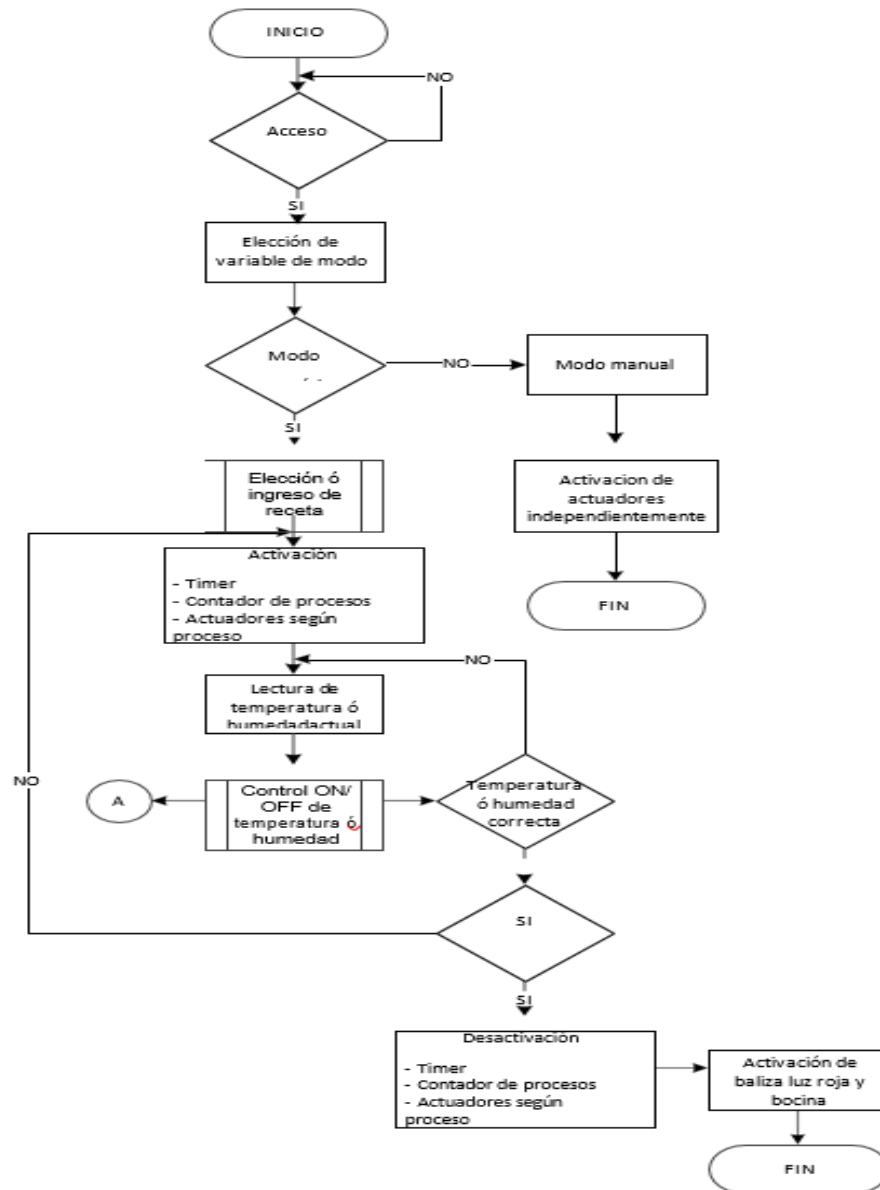


Figura 10: Diagrama de flujo de proceso general.

Fuente: Elaboración propia.

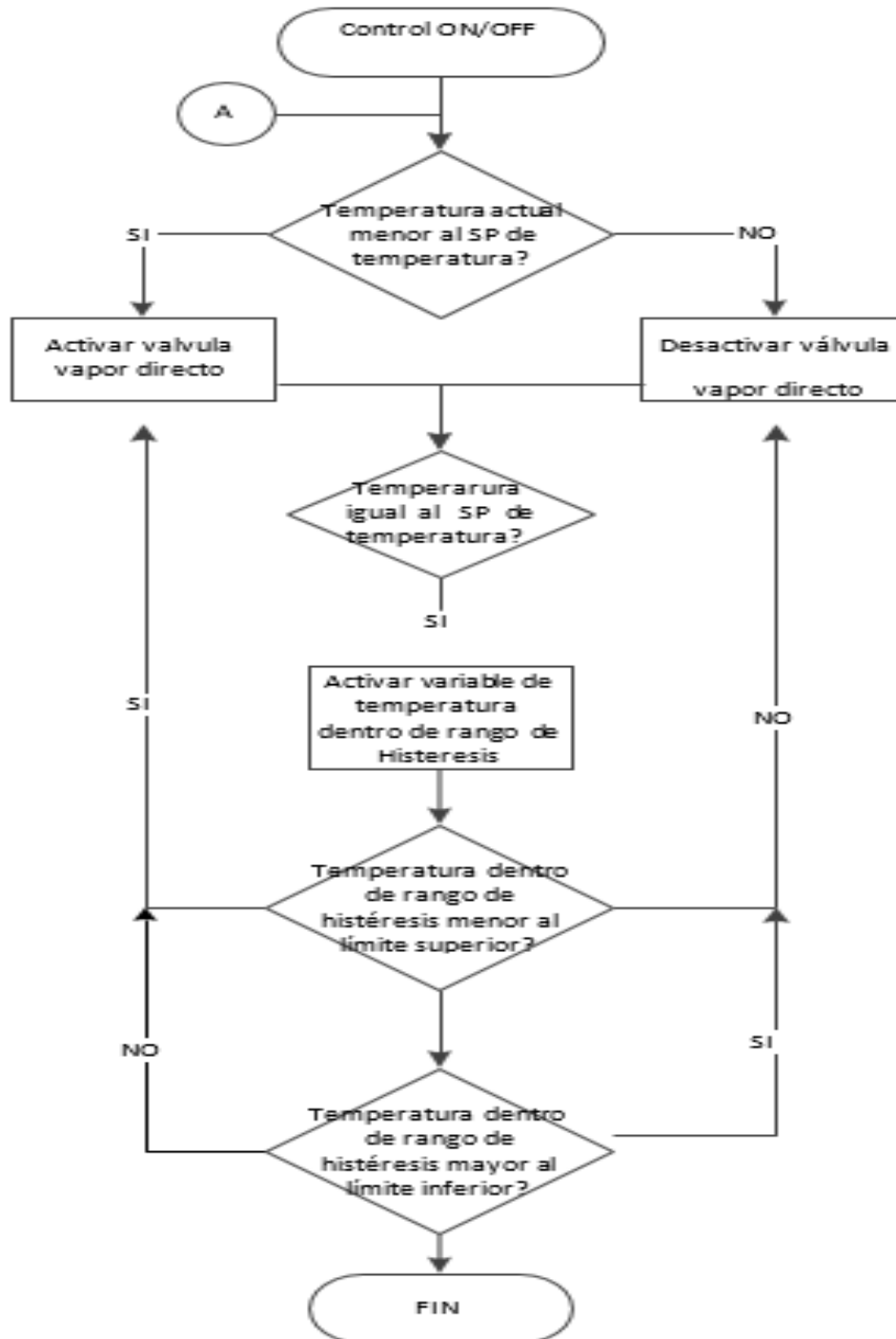


Figura 11: Diagrama de flujo control de temperatura

Fuente: Elaboración propia.

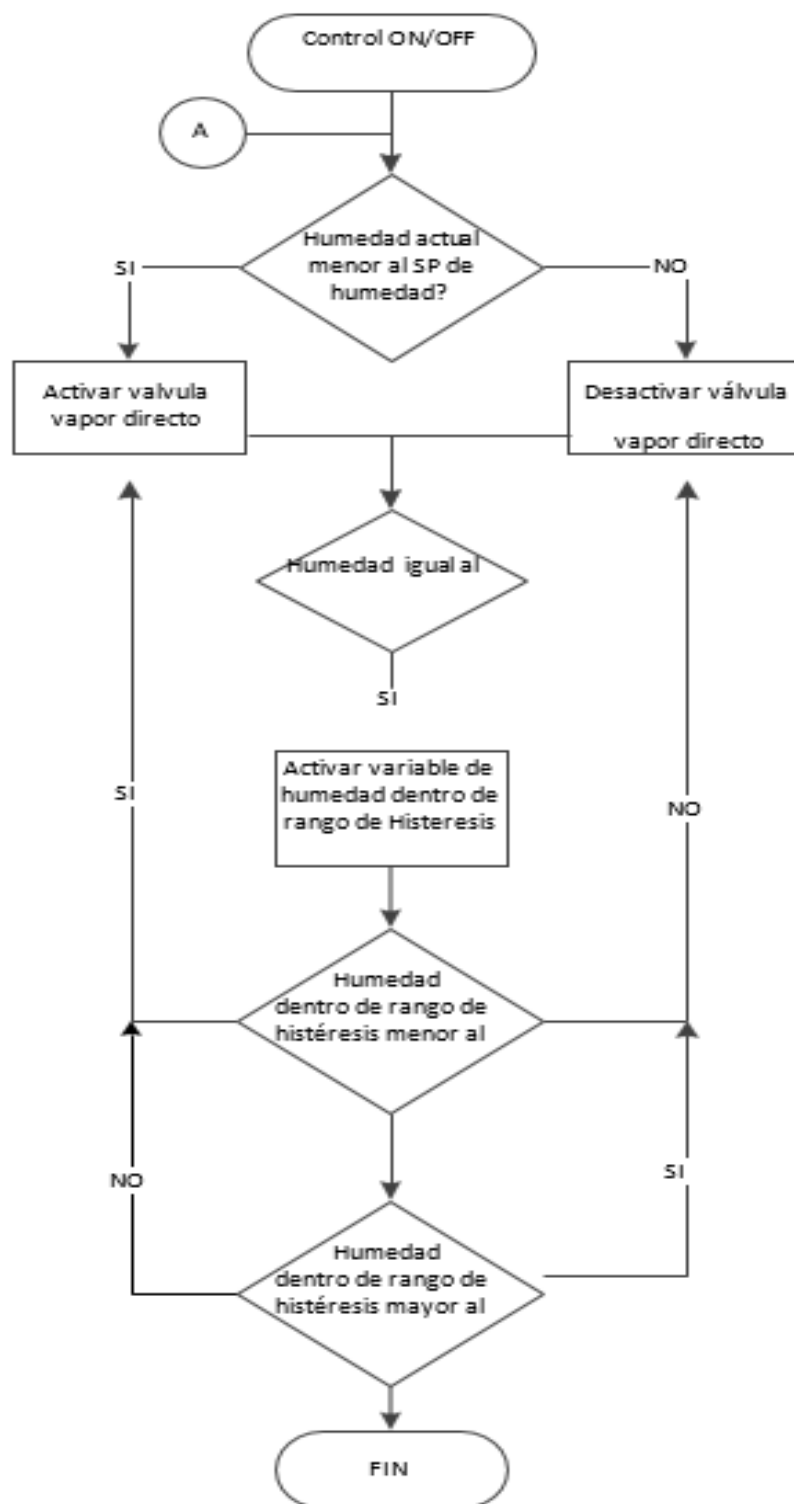


Figura 12: Diagrama de flujo control de humedad relativa.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.8. Implementación el sistema eléctrico.

Para el desarrollo de la automatización de la producción de embutidos, es fundamental que se cuente con todos los implementos para su normal funcionamiento y se pueda incrementar la producción, los implementos necesarios se presentan a continuación:

Tabla 4: Lista de materiales.

Dispositivo	Marca	Modelo
Interruptor Automático Trifásico	SIMENS	3VM1220-4EE32-0AA0
Interruptor Automático	SIMENS	3RV2011-4AA10
Contactor de Potencia	SIMENS	3RT2023-1AN20
Interruptor de Corriente	SIMENS	5SL4205-7RC
Transformador de control	GE	9T58K2803
Fuente de Alimentación DC	SIMENS	6EP1333-3BA10
Controlador Lógico Programable	SIMENS	6ES7214-1AG40-0XB0
Módulo de E/S Digitales	SIMENS	6ES7223-1BL32-0XB0
Relés de interfaz	SIMENS	3RQ3118-1AB01
Módulo de Entradas Analógicas	SIMENS	6ES7231-4HF32-0XB0
Módulo de Salidas Analógicas	SIMENS	6ES7232-4HD32-0XB0
Módulo Switch	SIMENS	6GK7277-1AA10-0AA0
Panel de Operación HMI	SIMENS	6AV2123-2JB03-0AX0
Transmisor de Temperatura	SIMENS	7NG3211-0AN00-Z
Sensor de Temperatura	SIMENS	7MC7511-1EA12-9CA1
Variador de Frecuencia	LS Industrial	SV040 iG5A-4
Motor Asíncrono Trifásico	MOTELCA	MS112M - 2
Actuador Rotativo	BELIMO	LM230A
Válvula Solenoide	COVNA	HK08-25
Electroválvula Neumática	FESTO	MFH-3-1/4-S
Válvula de Asiento Inclinado	GENEBRE	5060N 08

Fuente: Elaboración propia.

3.3.8.1. Controlador lógico programable (PLC).

Representa el dispositivo fundamental dentro del sistema de automatización debido a las tareas que ejecuta como la adquisición de datos, procesamiento y acción de control en los diferentes procesos y subprocesos del sistema. Uno de los requerimientos puntuales por parte de la empresa dedicada a elaboración de embutidos es que el sistema de control sea basado en un controlador lógico programable (PLC) por lo tanto la elección del autómatas de marca Siemens modelo SIMATIC S7- 1200 se consideró:

- VERSATILIDAD; Es versátil por las prestaciones a distintos protocolos de comunicación PROFIBUS, MODBUS, ETHERNET, DNP3, etc. además de la variedad de tipos de entradas y salidas como 4-20mA, 0-100mV, secas o polarizadas. Por lo tanto, tiene Mayor prestación.
- COMPATIBILIDAD; los PLC Siemens son modulares y tamaños compactos para ahorrar espacio en los gabinetes y cuadros eléctricos, hace más simple el diseño mecánico de disposición de equipos. Por lo tanto, es idóneo para ahorro de espacios, existen OBs especiales que permiten al PLC continúe en run, pese a que existe una falla por lo que permitirá hacer un cambio de modulo en pleno trabajo.
- RESPUESTA; Tiene una alta capacidad de procesamiento (instrucción booleana) necesaria para nuestro control de temperatura (T°) y humedad (H°). Lo que en otras marcas con un nivel de procesamiento similar tendría un costo elevado.
- MANTENIBILIDAD; En el Perú SIMATIC SIEMENS es la línea más vendida en automatización. Además, las instituciones educativas cuentan con módulos de enseñanza SIEMENS por lo tanto habrá más personal que domine la línea en programación, instalación y suministro.



Figura 13: Controlador lógico programable 6ES7214-1AG40-0XB0.

Fuente: Siemens

3.3.8.2. Variador de Frecuencia.

Los 8 variadores de frecuencia (VDF1-VDF8) para el control de velocidad en los ventiladores de distribución de aire en la cámara 1 y 2 contactores (K1-K2) que ayuda al control de encendido de los ahumadores. Por lo tanto, la elección de los variadores de frecuencia marca LS Electric se consideró:

Lo hace económico al no tener comunicación profibus y son confiables con motores y ventiladores.

3.3.9. Implementación del sistema.

Se mostrará fotos de tablero eléctrico con los componentes instalados.



Figura 14: Instalación de canaletas ranuradas.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 15: Conexión de breaker principal.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 16: Ubicación de equipos en tablero.

Fuente: Elaboración propia.

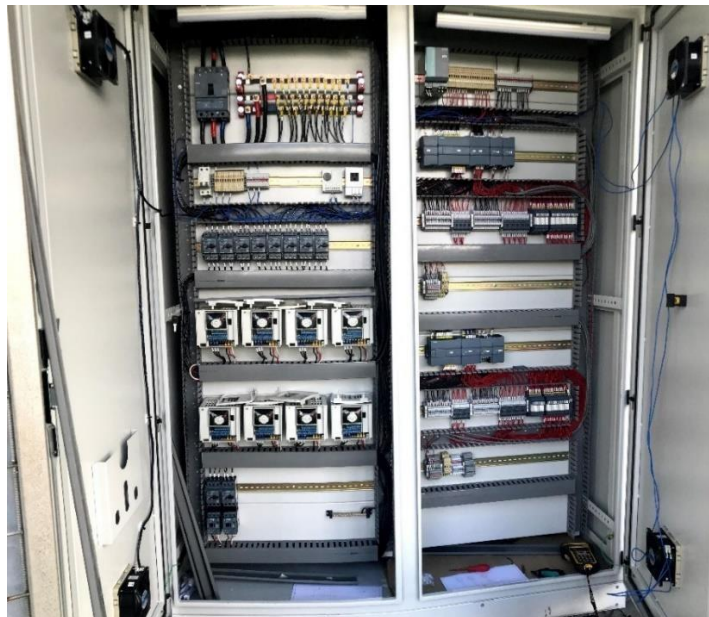


Figura 17: Ubicación de dispositivos de fuerza y control.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.10. Diseño electrónico y programación.

3.3.10.1. Lógica de Programación

Para la organización de las variables y funciones que realizarán los PLC se desarrolló la programación mediante Grafcet para representar el flujo del programa y utilizando el software de programación del PLC se realizará la programación Ladder del automatismo.

3.3.10.2. Diseño del HMI (Interfaz Humano Máquina)

El desarrollo de la HMI se lo realizará considerando la utilización de un estándar para el usuario que es la Norma Internacional ANSI/ISA, la cual ofrece una metodología para la creación adecuada de la interfaz, tomando en cuenta parámetros de ubicación, estándares de colores, fuentes y animación gráfica del panel aprovechando el uso de la pantalla a color.

3.3.10.3. Arquitectura del HMI

En el desarrollo de la interfaz gráfica del sistema se establece un esquema que define de manera general las ventanas disponibles en el HMI para la interacción del operador con todo el sistema de automatización y control.

En la arquitectura de la interfaz Humano Máquina se define una navegación sencilla entre las ventanas en el cual se precisan los niveles de acceso o seguridad de cada proceso disponible en el sistema.

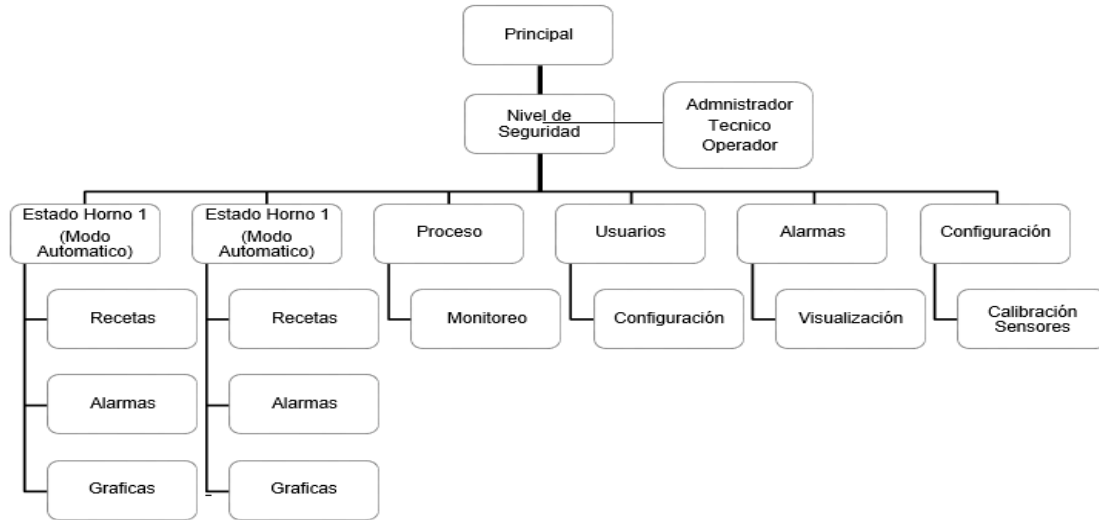


Figura 18: Arquitectura de interfaz humano – maquina.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.10.4. Software de Programación

Los equipos de la marca Siemens tienen la ventaja de utilizar un solo software para la programación de sus dispositivos PLC o los paneles HMI. El software utilizado es el TIA

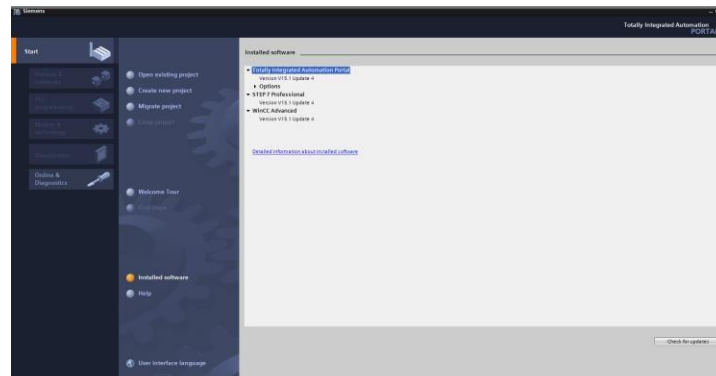


Figura 19: Software TIA PORTAL V15.1.

PORTAL V15.1 el cual incluye los sistemas STEP7 Professional y WinCC Advanced. En la Figura 21 se muestra la ventana de inicio del programa.

3.3.10.5. Programación

El PLC S7 1200 utiliza el software TIA PORTAL en el cual se realizó la programación del automatismo en lenguaje de Escalera para generar las rutinas y subrutinas para cumplir con la lógica de control establecida.

3.3.10.6. Programación Ladder

La programación en Ladder o Escalera en el software STEP7 permite organizar los

Fuente: Elaboración propia

procesos del automatismo mediante bloques de funciones y bloques de datos como se indica en la Figura.



Figura 20: Bloques de funciones y datos

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 21 se precisa el árbol de bloques utilizados en el programa. Cabe indicar que los dos PLC utilizan la misma programación, pero con las variables identificadas como H1 o H2.

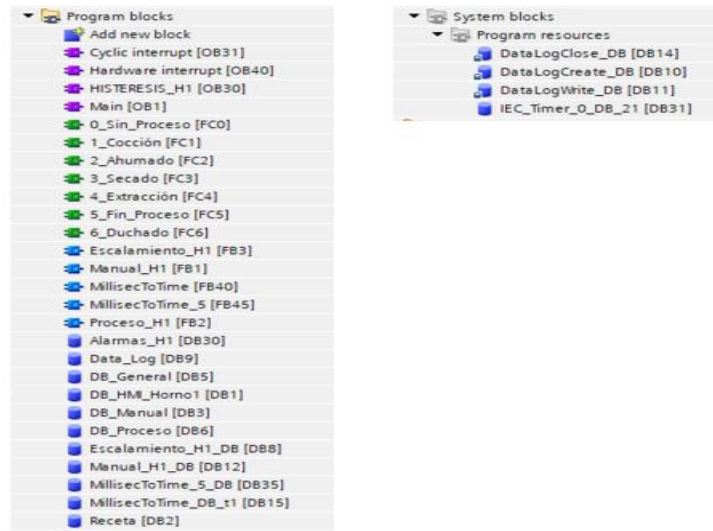


Figura 21: Bloques de funciones y datos del programa.

Fuente: Elaboración propia

Bloque Main [OB1]. Al energizar el sistema, los hornos permanecen en la Etapa inicial E1 como se muestra en la Figura 22 hasta que el operador realice un cambio a un modo ya sea manual o automático.

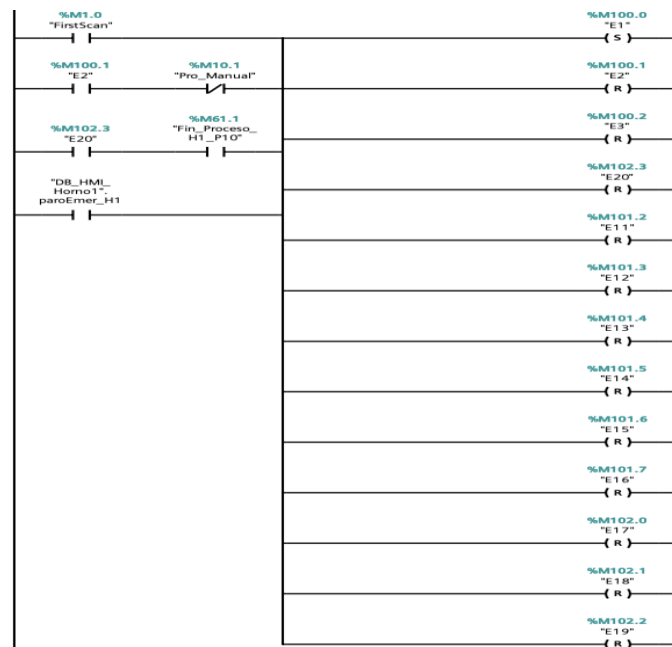


Figura 22: Etapa inicio del sistema.

Fuente: Elaboración propia

A partir del estado inicial el operador puede realizar un proceso manual o automático activando los estados E2 y E3 respectivamente como se muestra en la Figura 23, utilizando la interfaz HMI.

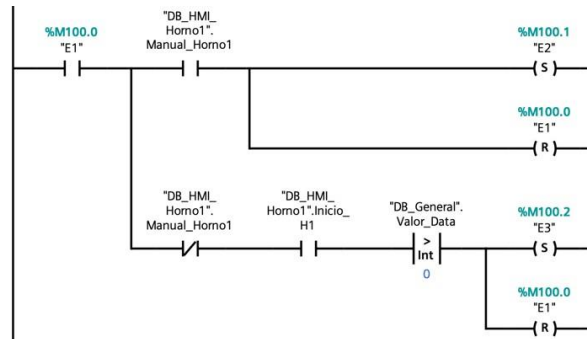


Figura 23: Etapa inicio del sistema.

Fuente: Elaboración propia

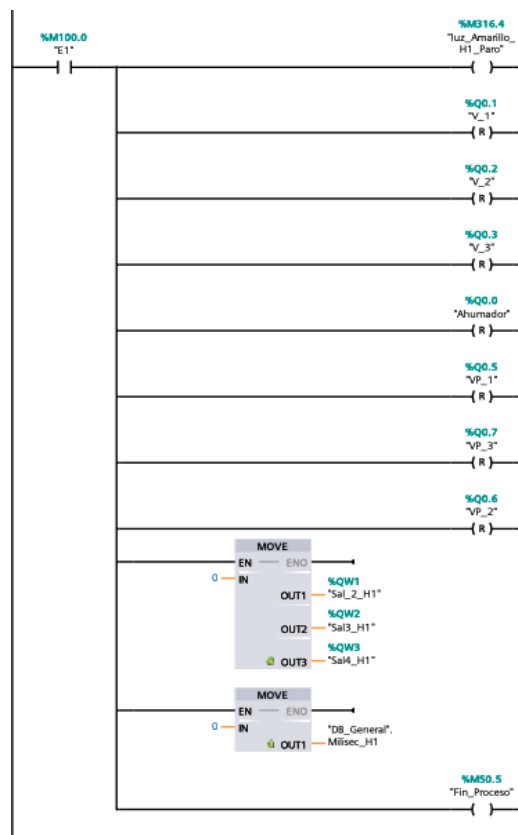


Figura 24: Etapa inicio del sistema.

Fuente: Elaboración propia

3.3.10.7. Diseño y descripción de las Ventanas

3.3.10.7.1. Ventana Principal

Cuando se inicia el sistema, la ventana principal que se muestra en la Figura 25, contiene el menú de navegación para dirigirse a las demás ventanas, el logo de la empresa, inicio o cierre de sesión y la fecha y hora del sistema.



Figura 25: Ventana principal HMI

Fuente: Elaboración propia.

3.3.10.7.2. Ventana de Estado de los dos Hornos.

Se visualiza en la parte superior de la Figura 26 el modo de funcionamiento de los hornos a través de la representación de las balizas físicas indicando al operador en qué estado se encuentra cada horno.

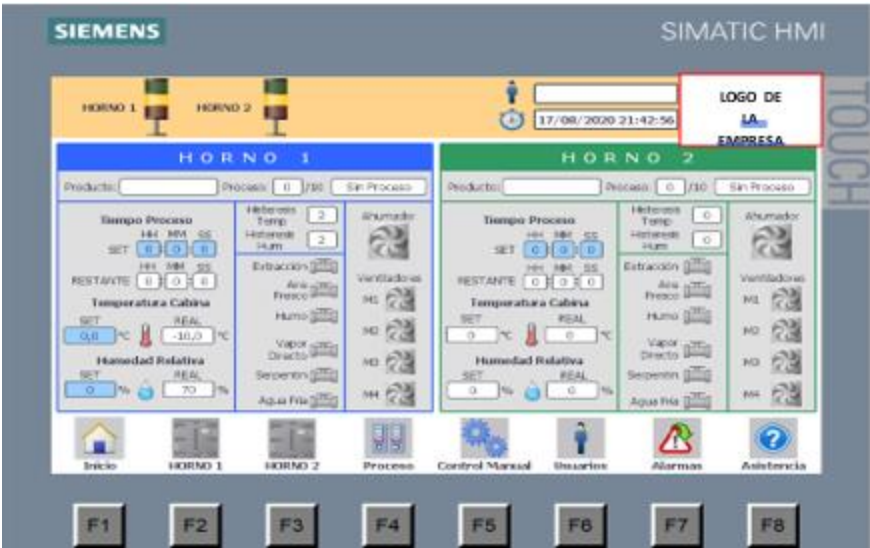









Figura 26: Ventana de estado de los hornos

Fuente: Elaboración propia.









Se observa el estado de los actuadores ya sean las válvulas o los motores. Los iconos se describen en la Tabla 5.

Tabla 5: Descripción de la representación de balizas y actuadores.

Icono	Descripción
	Baliza Roja y Bocina. Estado Emergencia o Fin Proceso
	Baliza Verde. Proceso en modo automático
	Baliza Amarilla. Proceso en modo manual
	Válvula en estado ON
	Válvula en estado OFF
	Motor en estado ON
	Motor en estado OFF

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6: Diseño del sistema

Icono	Tecla	Función
 Inicio	F1	Botón para dirigirse al menú principal
 HORNO 1	F2	Botón para dirigirse al proceso actual del Horno 1
 HORNO 2	F3	Botón para dirigirse al proceso actual del Horno 2
 Proceso	F4	Ventana Actual
 Config. Manual	F5	Botón para ingresar a la Ventana de Configuración Manual
 Usuarios	F6	Botón para ingresar a la ventana de Administración de Usuarios
 Alarmas	F7	Botón para ingresar a la ventana de Alarmas del Sistema
 Asistencia	F8	Botón para Ingresar a la ventana de Asistencia

3.3.10.7.3. Configuración del PLC

La automatización de los dos hornos consta de dos controladores PLC S7- 1200, modelo CPU 1214C DC/DC/DC y un panel de operador Basic Panel KTP900. Los tres dispositivos se encuentran en comunicación PROFINET a través de un switch industrial como se representa en la Figura 27 y en conexión con la red de la planta.

El diseño de la programación se realizó con un PC portátil y el software ya mencionado. En la Tabla 8 se detalla las direcciones IP de los dispositivos.

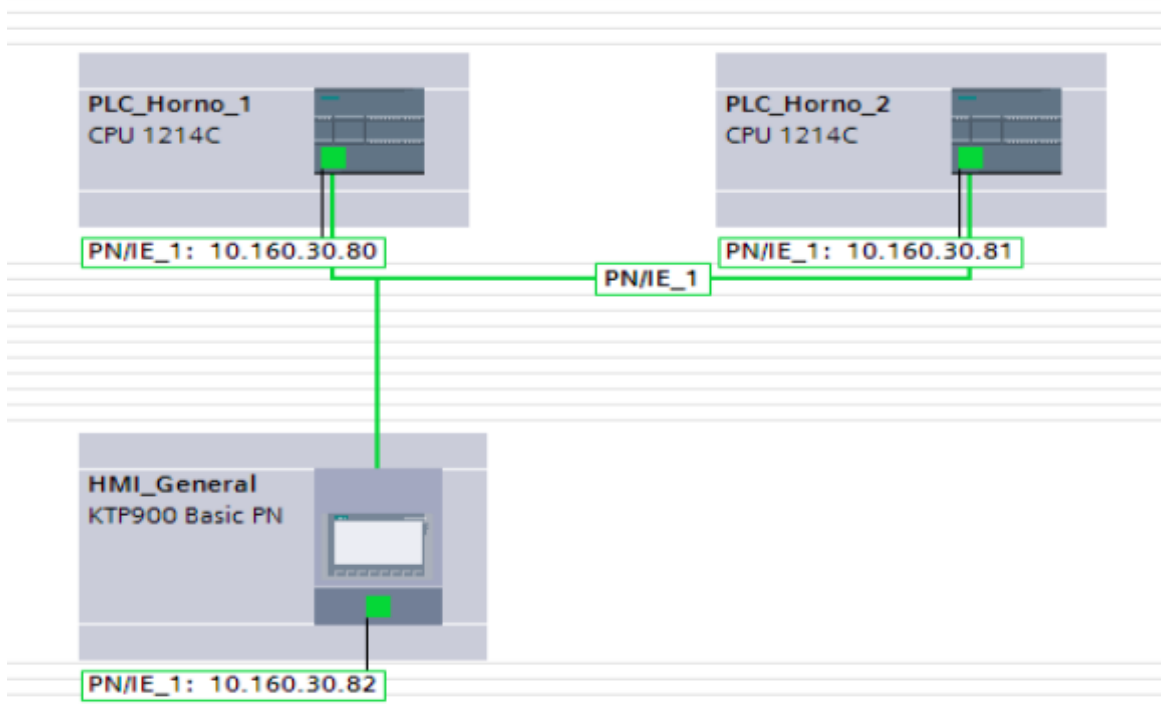


Figura 27: Configuración del interfaz.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Direcciones IP de cada dispositivo.

Dispositivo	Dirección IP
PLC_Horno_1	10.160.30.80
PLC_Horno_2	10.160.30.81
PANEL HMI	10.160.30.82
PC Portátil	10.160.30.83

Fuente. Elaboración propia.

Nota. Se configura para todos los dispositivos la máscara de subred: 255.255.255.0 y puerta de enlace 10.160.30.100

En la Figura 28 se visualiza la configuración de la interfaz PROFINET del PLC con los datos del protocolo IP asignados por la empresa para tener acceso a la red.

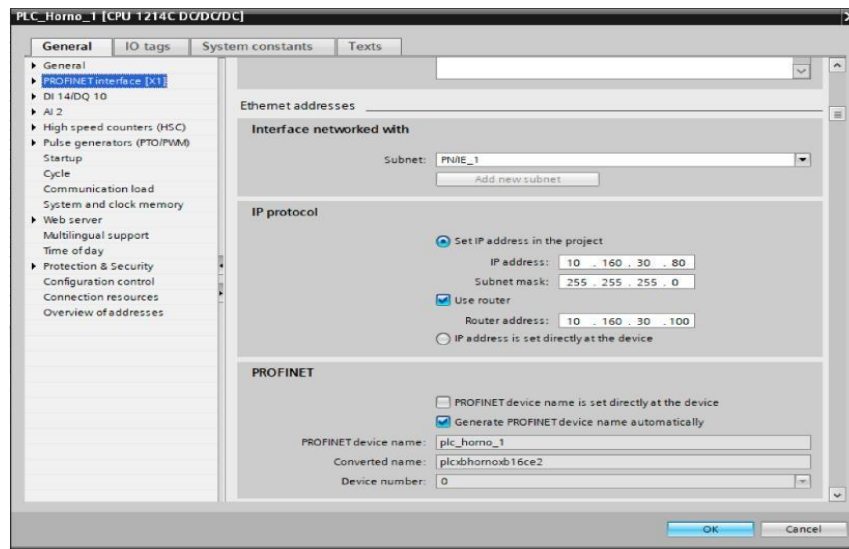


Figura 28: Configuración del interfaz profinet.

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO 4

RESULTADOS

4.1. Resultados.

En la presente investigación para el desarrollo e implementación del sistema se fundamenta en el control de todos los procesos y procedimientos, dentro de los cuales se realizó las siguientes pruebas:

- Calibración de todos los sensores para la temperatura
- Encendido y funcionamiento del horno vacío
- Funcionamiento del horno con materia prima (Jamón)
- Funcionamiento del horno con materia prima (Chuleta)

4.1.1. Calibración de Sensores

Para el proceso de la curva de calibración de todos los sensores de temperatura PT100, que fueron utilizados en el sistema, se realizó la toma de aproximadamente cuarenta (40) lecturas, con la mayor precisión posible, los cuales fueron en intervalos de cada 5 minutos.

Para la realización de la comparación de las temperaturas se utilizó el termómetro de varilla, el cual es muy utilizado en la industria alimentaria.

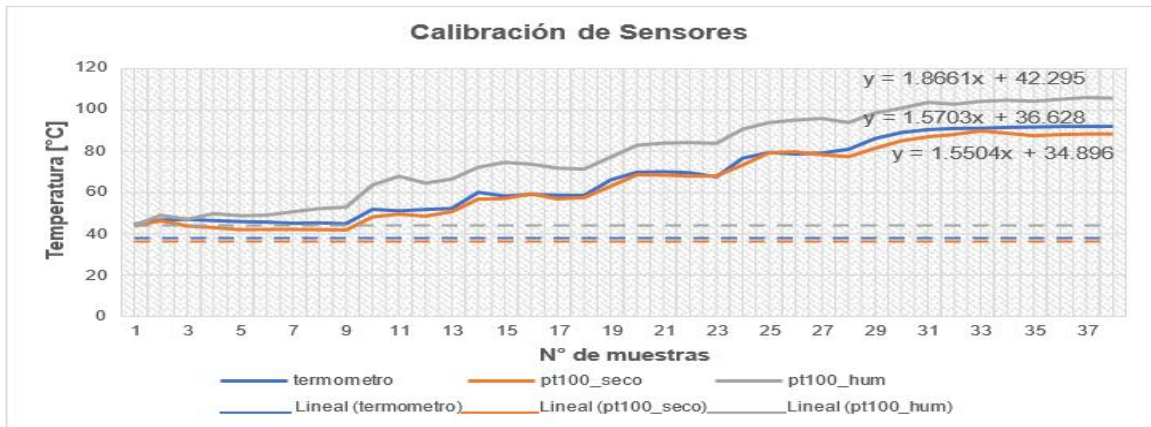


Figura 29: Calibración de Temperatura

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso, fue el desarrollo del proceso de linealización en el sistema para cada uno de los hornos.

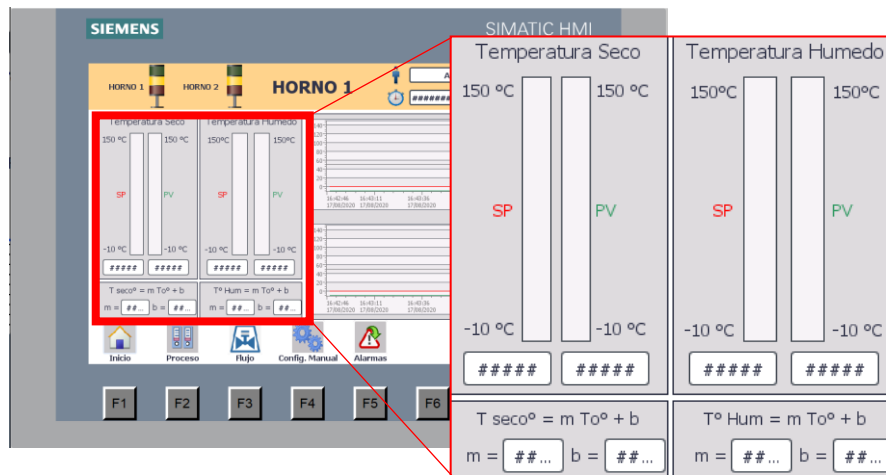


Figura 30: Ingreso de Datos en el HMI

Fuente: Elaboración propia

Se realizó la evaluación de la distribución del calor dentro de los hornos

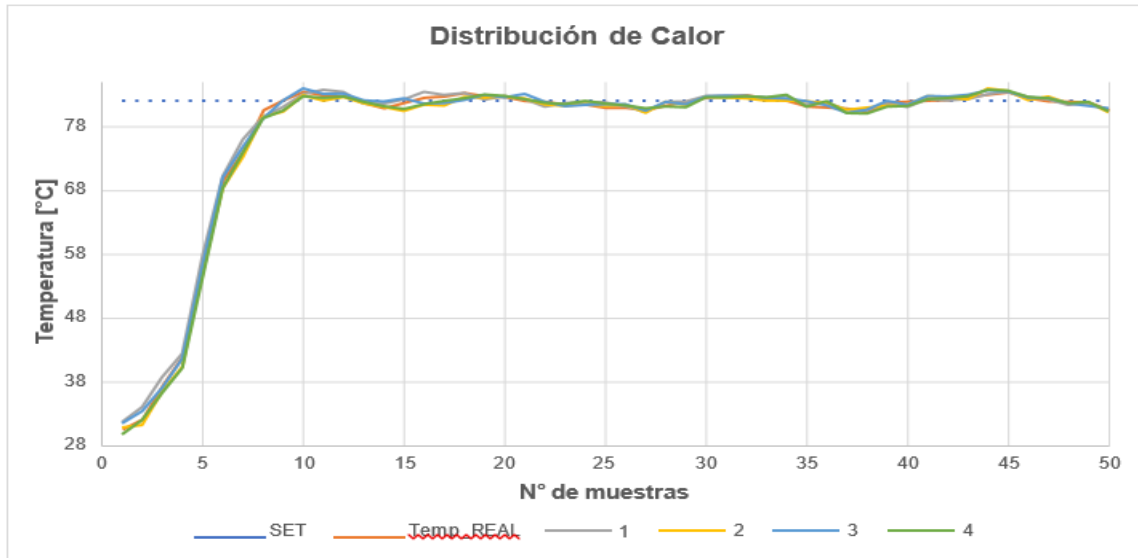


Figura 31. Distribución del Calor dentro del Horno

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Eficiencia de hornos.

En la figura 32 se puede visualizar que después de la puesta en marcha de los hornos en febrero 2021 un incremento de la eficiencia a 89.3% versus 2020 con una eficiencia promedio de 81.6%. Esta tendencia creciente hace que el sistema se haya vuelto rentable para la empresa.

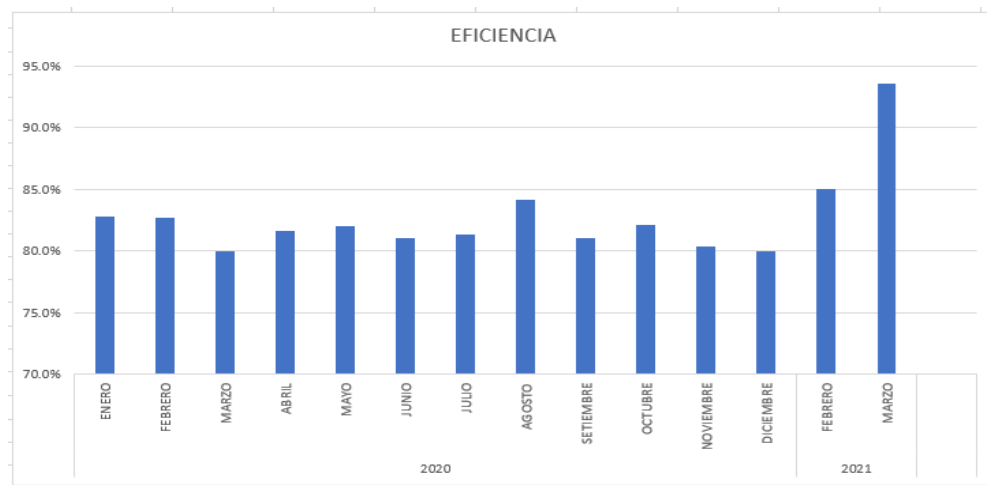


Figura 32. Eficiencia de los hornos 2020 - 2021

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Merma.

En la figura 33 se puede visualizar una tendencia descendente de la merma del año 2020 que estaba a un 11.9% a 9% del 2021. Haciendo que la empresa se vuelva mas rentable, optimizando su producción y entregas de pedidos.

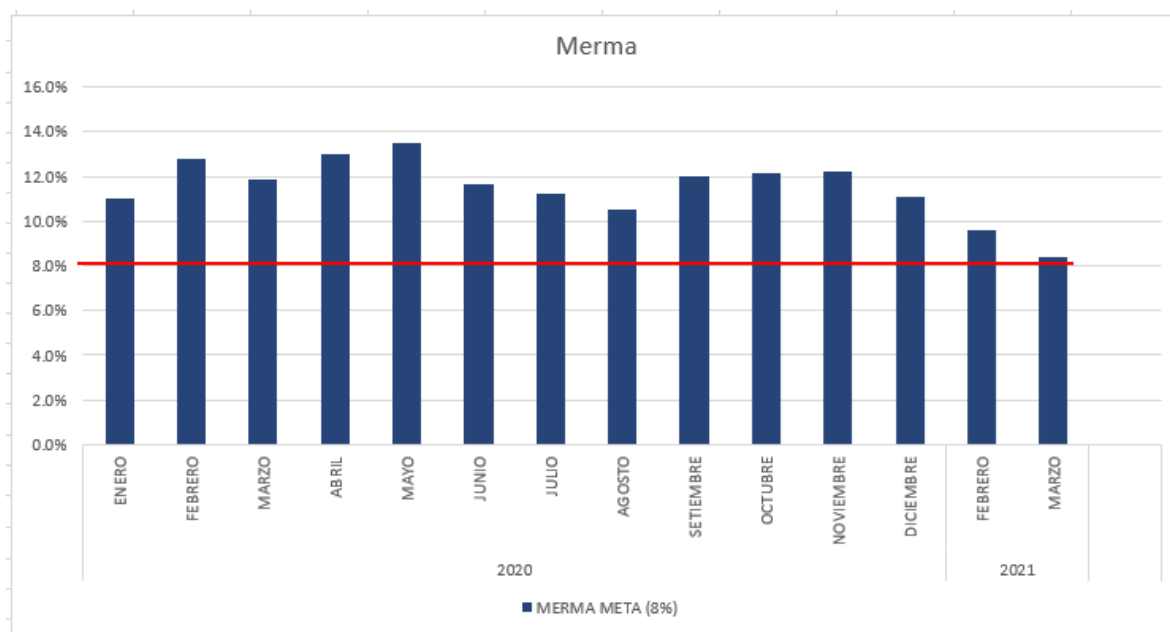


Figura 33. Indicador de merma de los hornos 2020 - 2021

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Aporte de ingeniería.

Capacidad de integrar la electrónica y mecánica, para hacer un equipo automatizado e inteligente para el proceso de embutidos. Con la finalidad de mejorar el proceso, indicadores y generar rentabilidad.

Competencia de diseñar la arquitectura, comunicación del PLC con el HMI y otros módulos, programación del autómatas, con instrucciones del programa en código de operación y códigos de los operandos, el punto crítico el escalamiento de temperatura que es la parte del proceso más delicada y exigente de la operación.

4.2. Presupuesto

Para el desarrollo de los hornos automáticos, se fundamentó en los siguientes costos:

Tabla 8: Presupuesto del proyecto

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/)	COSTO TOTAL (S/)
1	ESTRUCTURA			S/3,715.00
1.1	TUBOS CUADRADO DE ALUMINIO	20	S/112.00	S/2,240.00
1.2	AISLANTE FIBRA DE VIDRIO	1	S/230.00	S/230.00
1.3	ACCESORIOS	1	S/200.00	S/200.00
1.4	SOLDADURA	1	S/520.00	S/520.00
1.5	JEBES	100	S/3.50	S/350.00
1.6	SOPORTE DE JEBE	50	S/1.30	S/65.00
1.7	REMACHES	2	S/55.00	S/110.00
2	SISTEMA DE CONTROL			S/15,710.00
2.1	SENSOR RENSE HT 741	2	S/2,200.00	S/4,400.00
2.2	QUEMADOR DE GAS	2	S/1,900.00	S/3,800.00
2.3	TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO	1	S/380.00	S/380.00
2.4	REGULADOR DE ALTA PRESION	2	S/280.00	S/560.00
2.5	REGULADOR DE BAJA PRESION	2	S/350.00	S/700.00
2.6	TERMOSTATO DE TEMOPERATURA	2	S/90.00	S/180.00
2.7	HIGOMETRO	2	S/1,000.00	S/2,000.00
2.8	SERVOMOTORES	2	S/1,800.00	S/3,600.00
2.9	OTROS	1	S/90.00	S/90.00
3	TABLERO DE FUERZA - CONTROL			S/24,670.00
3.1	TABLERO DE FUERZA	1	S/6,800.00	S/6,800.00
3.2	TABLERO DE CONTROL	1	S/1,900.00	S/1,900.00
3.3	PROGRAMADOR SIEMENS PLC	1	S/1,800.00	S/1,800.00
3.4	FUENTE	1	S/400.00	S/400.00
3.5	HMI	1	S/1,100.00	S/1,100.00
3.6	VISUALIZADOR PARA HR - T	2	S/500.00	S/1,000.00
3.7	INTERRUPTORES	8	S/350.00	S/2,800.00
3.8	CONTACTOR RELE TERMICO	2	S/180.00	S/360.00
3.9	RELES	8	S/80.00	S/640.00
3.1	BORNERAS	20	S/15.00	S/300.00
3.11	CABLES	400	S/2.20	S/880.00
3.12	VARIADORES	8	S/580.00	S/4,640.00
3.13	LLAVE GENERAL	1	S/800.00	S/800.00
3.14	CANALETAS	50	S/15.00	S/750.00
3.15	RIEL DIN	50	S/10.00	S/500.00
4	RECURSOS HUMANOS			S/18,680.00
4.1	INGENIERO DE SERVICIO- SUPERVISOR	40	S/160.00	S/6,400.00
4.2	TECNICO ELECTRONICO	40	S/90.00	S/3,600.00
4.3	TECNICO ELECTRICISTA	40	S/90.00	S/3,600.00
4.4	TECNICO MECANICO	40	S/80.00	S/3,200.00
4.5	AYUDANTES - TECNICOS	40	S/47.00	S/1,880.00
TOTAL				S/62,775.00

Fuente: Elaboración propia

Los costos totales de la implementación del proyecto fueron de S/.62,775.

Los costos de reproceso, scrap y merma en forma mensual equivalen en la actualidad a S/. 85,000, los cuales con la implementación de la automatización se reducirá en un 3% en un escenario pesimista, lo que equivale a un ahorro de S/ 2,550 de forma mensual. Se reducirá en un 6% en un escenario normal, lo que equivale a un ahorro de S/ 5,100 de forma mensual. Se reducirá en un 8% en un escenario optimista, lo que equivale a un ahorro de S/ 6,800 de forma mensual.

INVERSION	S/62,775.0			ESCENARIO %	S/85,000.0								
				3%	S/2,550.0								
TOTAL				6%	S/5,100.0								
				8%	S/6,800.0								

ESCENARIO PESIMISTA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inicial	62,775.00												
Reduccion		2,550.00	2,550.00	2,550.00	2,550.00	2,550.00	2,550.00	2,550.00	2,550.00	2,550.00	2,550.00	2,550.00	2,550.00
Tasa	0.02												
VNA	-35,807.88												
Tiempo de Recuperacion (meses)	20.22												

ESCENARIO MODERADO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inicial	62,775.00												
Reduccion		5,100.00	5,100.00	5,100.00	5,100.00	5,100.00	5,100.00	5,100.00	5,100.00	5,100.00	5,100.00	5,100.00	5,100.00
Tasa	0.02												
VNA	-8,840.76												
Tiempo de Recuperacion (meses)	11.11												

ESCENARIO OPTIMISTA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inicial	62,775.00												
Reduccion		6,800.00	6,800.00	6,800.00	6,800.00	6,800.00	6,800.00	6,800.00	6,800.00	6,800.00	6,800.00	6,800.00	6,800.00
Tasa	0.02												
VNA	9,137.32												
Tiempo de Recuperacion (meses)	8.56												

Tabla 9: Retorno de inversión.

Fuente: Elaboración propia

En los tres escenarios se calcularon el valor presente neto (VAN), es positivo en el escenario optimistas con periodo de recuperación de 8.56 0 9 meses siendo viable el proyecto, pero en los escenarios moderado/pesimista está en negativo y la recuperación de la inversión está entre 11 a 20 meses.

4.3 Cronograma de actividades.

Tabla 10: Cronograma de Actividades

[illegible]

4.4 Plan de riesgo.

Tabla 11: Plan de riesgos.

PLAN DE RIESGO				
PROYECTO	DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO PARA HORNO EN ELABORACION DE EMBUTIDOS			
RIESGO	CONSECUENCIA	LIDER DEL EQUIPO	RESPONSABLE	ACCIONES
No llegar a la fecha arranque programada	Desabastecimiento de Embutidos	Sub-Gerente de Operaciones	Jefe de Mantenimiento Jefe de Planta Jefe de Calidad	Reuniones semanales sobre los avances del proyecto.
Control de temperatura inadecuada	Embutidos fuera de especificacion para venta	Sub-Gerente de Operaciones	Jefe de Mantenimiento Tecnico de mantenimiento Electronico Instrumentista Control de Calidad	Contar con stock de transmisor de T y sensor PT100.
Dispositivos electronicos defectuosos	Desabastecimiento de Embutidos	Sub-Gerente de Operaciones	Jefe de Mantenimiento Tecnico de mantenimiento Logistica	Comunicar a proveedor que los equipos deben estar sellados y en las pruebas deben hacer el acompañamiento , para cualquier contingencia y tengan stock en sus almacenes.
Incumplimiento con la entrega de los tableros electricos	Desabastecimiento de Embutidos	Sub-Gerente de Operaciones	Jefe de Mantenimiento Tecnico de mantenimiento Logistica	Definir en la OC la fecha de entrega y penalidades x incumplimiento, seguimiento en la fabricación.
Falta de datos para identificar el proceso de embutido	Embutidos fuera de especificacion para venta	Sub-Gerente de Operaciones	Jefe de Calidad Jefe de Planta. Operadores Jefe de Mantenimiento	Reuniones diarias con todo el equipo para ver parametros de maquinas y temperaturas del proceso.

CONCLUSIONES

Se identifico los procesos críticos e implemento las mejoras en el desarrollo de los procesos y procedimientos para la producción mediante los hornos a vapor para la producción de embutidos, para lo cual se tiene que tener un control de los subprocesos de control y tiempos.

Se analizaron las variables criticas logrando el desarrollo de los procesos de producción y se tuvo en consideración una evaluación constante de cada una de las etapas de producción, con el objetivo de poder atender cada una de las demandas y realizar las correcciones necesarias para el logro de los objetivos.

En cuanto a la evaluación del costo y beneficio para el proyecto en un escenario optimista el valor presente neto es positivo y el periodo de recuperación seria en 8.56 meses (9 meses). nuestros almacenes de frio tenemos un inventario para 10 días para despacho. Nuestro proyecto para empezar con la limpieza, montajes electrónicos, eléctricos, mecánicos y puesta en marcha se tiene 7 días, por lo que no impacta en el proyecto, pero se está colocando en el cuadro de riesgos las acciones que debemos tomar para mitigar o eliminar el riesgo.

RECOMENDACIONES

Para la implementación de los dispositivos dentro del sistema de automatización se tienen que tener un especial cuidado, porque la falta de experiencia en el manejo puede afectar el funcionamiento normal de la producción.

Se debe realizar un plan de mantenimiento con el objetivo de garantizar que todo el sistema funcione a su máxima capacidad, además de reducir los riesgos de una deficiencia que perjudiquen la productividad.

Se debe controlar de manera óptima las conexiones del suministro de vapor hacia los hornos, la manipulación tiene que ser realizada por personal capacitado y entrenado para el desarrollo de los controles.

Para el desarrollo óptimo de la automatización del sistema, se debe tener un control y evaluación frecuente, con el objetivo de poder minimizar los riesgos que se puedan producir y que impidan que la cadena de producción se desarrolle de manera frecuente.

BIBLIOGRAFIA

Belimo (2019) Ficha técnica LM230A. BELIMO.

Calderón, A. (2020) Sensores y actuadores industriales.

Covna (2020) COVNA, Selenoid valve. COVNA.

Dutan, P. (2019). Diseño y reconstrucción del control de temperatura de un horno con calentamiento eléctrico.

El Telégrafo. (2018) “Automation Fair” tendrá lo último en tecnología para industrias de alimentos y bebidas.

Elektrotools (2020). Modular connector Plug RJ45 8(4) 6GK19011BB102AA0,

Festo (2018) Festo

García, E. (2019) Automatización de procesos industriales: Robótica y automática. Universidad Politécnica de Valencia.

Genebre (2017) Válvula asiento inclinado con actuador neumático de simple efecto.

Gútiérrez, I. (2017). Data Logging en TIA PORTAL. Programación Siemens.

Hernández, A. (2018). Microbiología Industrial.

Huang, Y., Zhang, K., Yang, S., & Jin, Y. (2017). A Method to Measure Humidity Based on Dry-Bulb and Wet-Bulb Temperatures. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 6(16), 2984–2987.

Lizondo. (2020). Hornos Cárnicos. Suministros Lizondo.

LSElectric. (2020). IG5A General Drive.

Medrano, S. (2018) Medición de Humedad Relativa con Psicrómetro. Boletín periódico del laboratorio de metrología.

Morales, A. (2019). Características del Estándar ANSI/ISA-101.01-2015: Interfaces Humano-Máquina para Sistemas de Automatización de Procesos. InTech México Automatización, 32–38.

Ogata, K. (2018). Ingeniería de control moderna.

Orellana, F., & Palacios, K. (2018). Caracterización y análisis de la cadena de suministros de productos cárnicos; embutidos.

Ortiz, A. (2018) Programación de PLC, HMI y comunicaciones en la industria. Universidad Autónoma de Occidente y CELSIA, S.A. E.S.P.

Rivera, B. (2018) Desarrollo de un interfaz humano máquina de alto desempeño (HPHMI) para procesos de producción de crudo y gas en Proyectos Integrales.

Schweigert, B. S., & Price, J. F. (1976). Ciencia de la carne y de los productos cárnicos. Acribia.

Siemens (2018). Paneles de operador Basic Panels Instrucciones de servicio.

Siemens (2016). ¿Cómo se puede convertir en STEP 7 (TIA Portal) un valor disponible en milisegundos en los valores necesarios de días, horas, minutos y segundos correspondientes? Industry Online Support Siemens.

Temco (2020) Productos. TEMCO Industrial.

Trinks, W., & Trinks, W. (2018). Industrial furnaces (6th ed). J. Wiley. VEMAG.

VMC. (2020). Productos / Convertidores / Variadores de frecuencia. Vector Motor Control. <https://www.vmc.es/es/ig5a>

ANEXOS

Anexo 1. Programa del PLC.

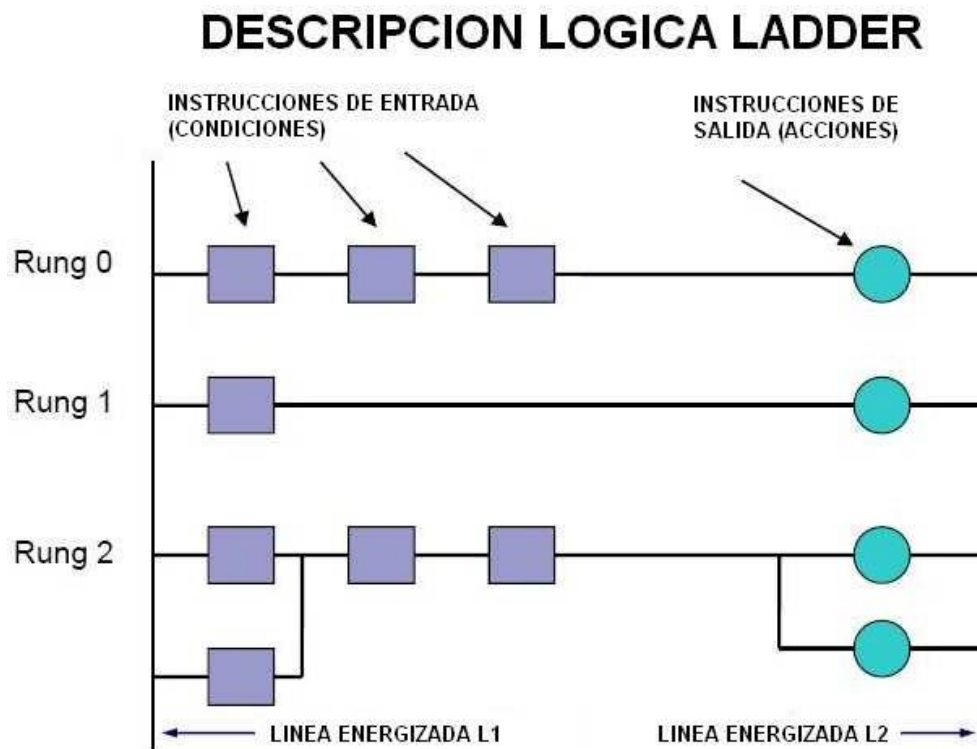
Anexo 2. Plano eléctrico.

Anexo 3. Eficiencia 2020 vs 2021.

Anexo 1. Programa del PLC

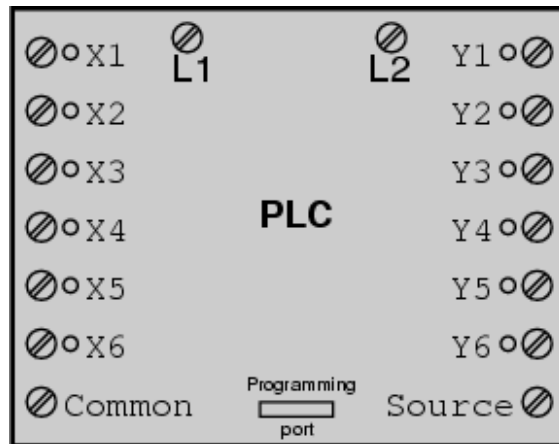
Lenguaje Ladder

En el mercado existen diversos tipos de programación PLC, en donde el mas utilizado por sus características de eficiencia y manejo para el usuario es el Ladder, que utilizamos por tener mayor versatilidad para cada uno de los colaboradores dentro de la empresa, posee ventajas como por ejemplo que todo el ingreso que se desean controlar se encuentra en el margen izquierdo y todos los procesos de salida en el margen derecho, lo cual lo hace de fácil adaptación para el personal.

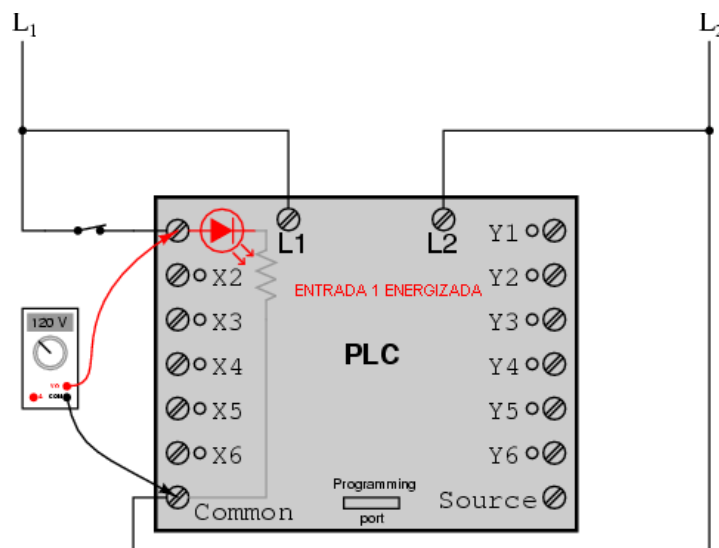


La utilización del cableado

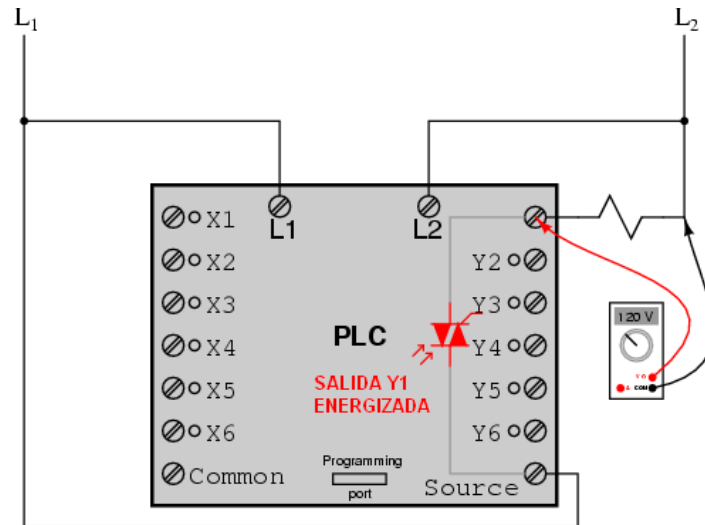
Dentro del sistema, como se visualiza en la figura el proceso de cableado se encuentra plenamente identificado y segmentado por cada una de las etapas, como es el caso de las partes L1 y L2, en función de ello se pueden obtener diversos beneficios dentro de los controles de todos los procesos, además de realizar el seguimiento de forma constante, identificando las posibles problemáticas que se puedan suscitar en el transcurrir del proceso de producción.



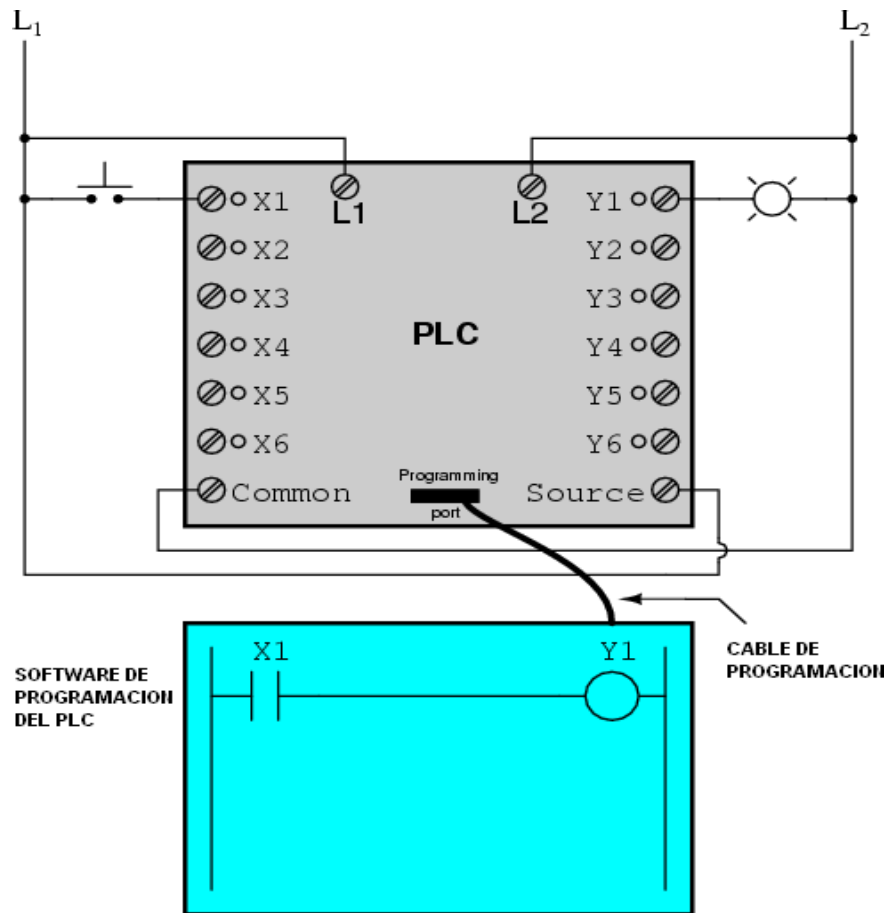
Dentro del procesos del PLC, se genera mediante un acoplador, el cual a su vez desarrolla el circuito interno dentro se emite una señal en el terminal de entrada como se visualiza en la figura,



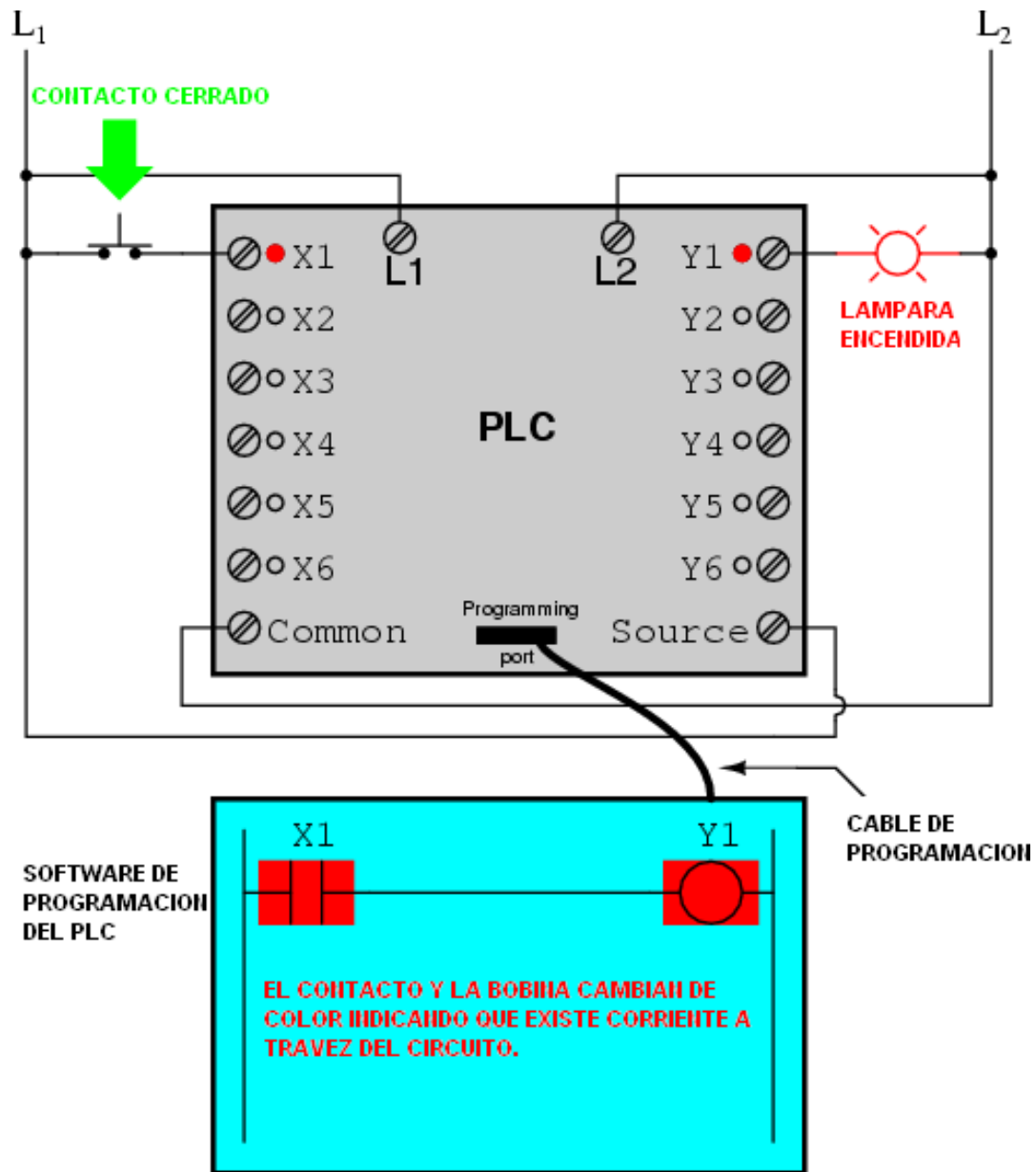
Las señales que se emiten a través del PLC, desarrollan y generan una serie de terminales dentro de cada una de las fuentes, para lo cual se realizan los controles de ingreso y salida como se visualiza en la imagen.



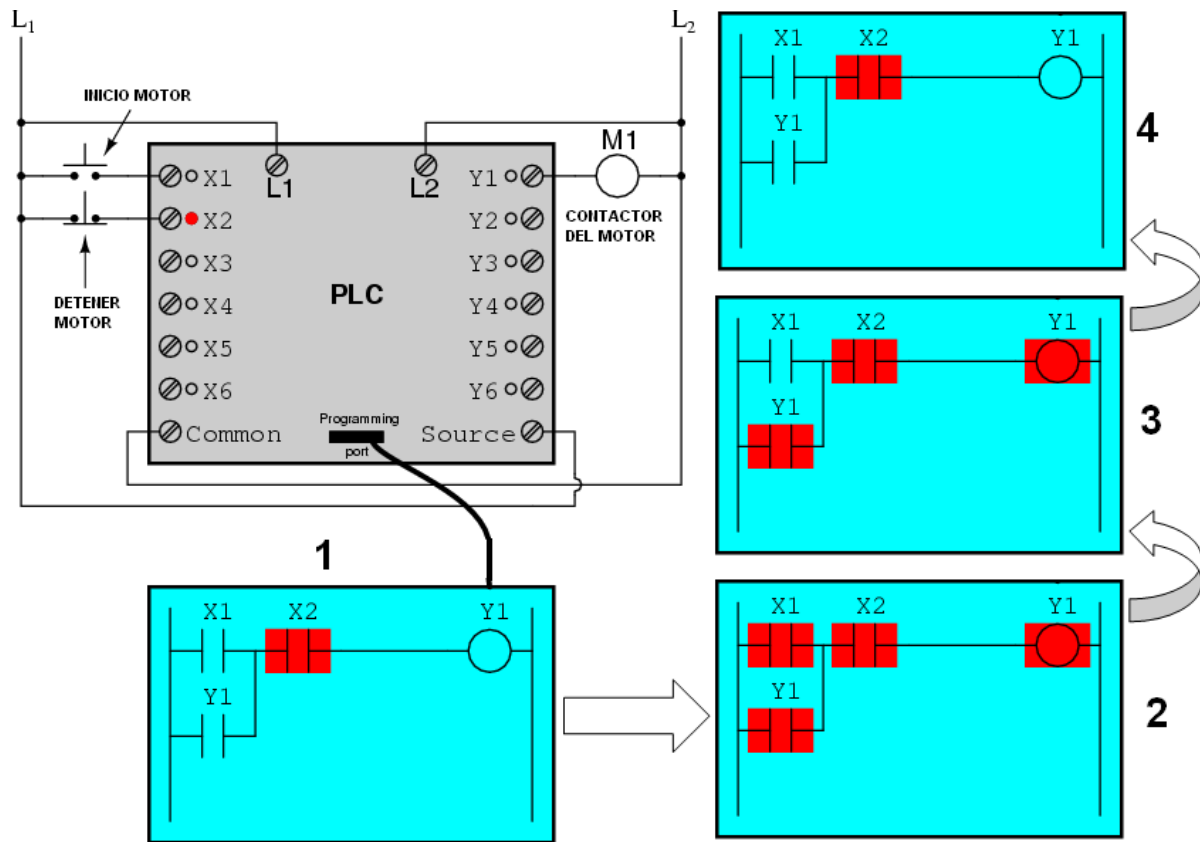
Las conexiones dentro se realizan de manera coordinada entre el software de programación PLC y el programa con el objetivo de tener el control de cada uno de los ingresos y salidas



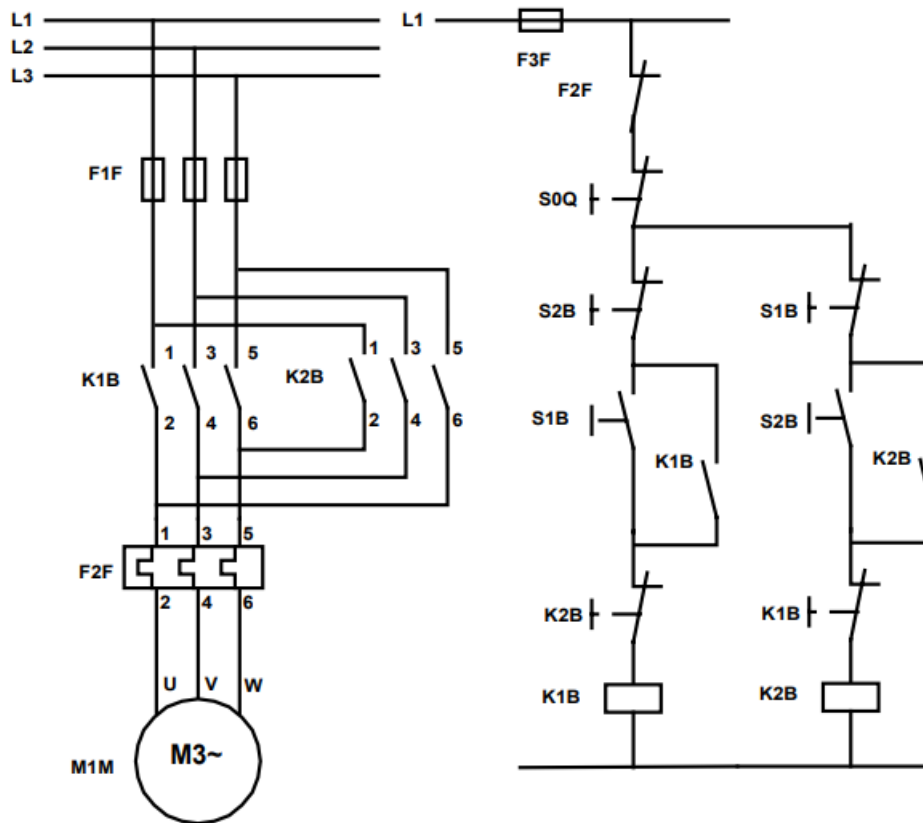
Para el encendido del dispositivo una vez que se encuentre totalmente adaptado el sensor se encontrara conectado, el cual a su vez emitirá una lampara de encendido, para poder controlar los ingresos y salidas de cada uno de los procesos.

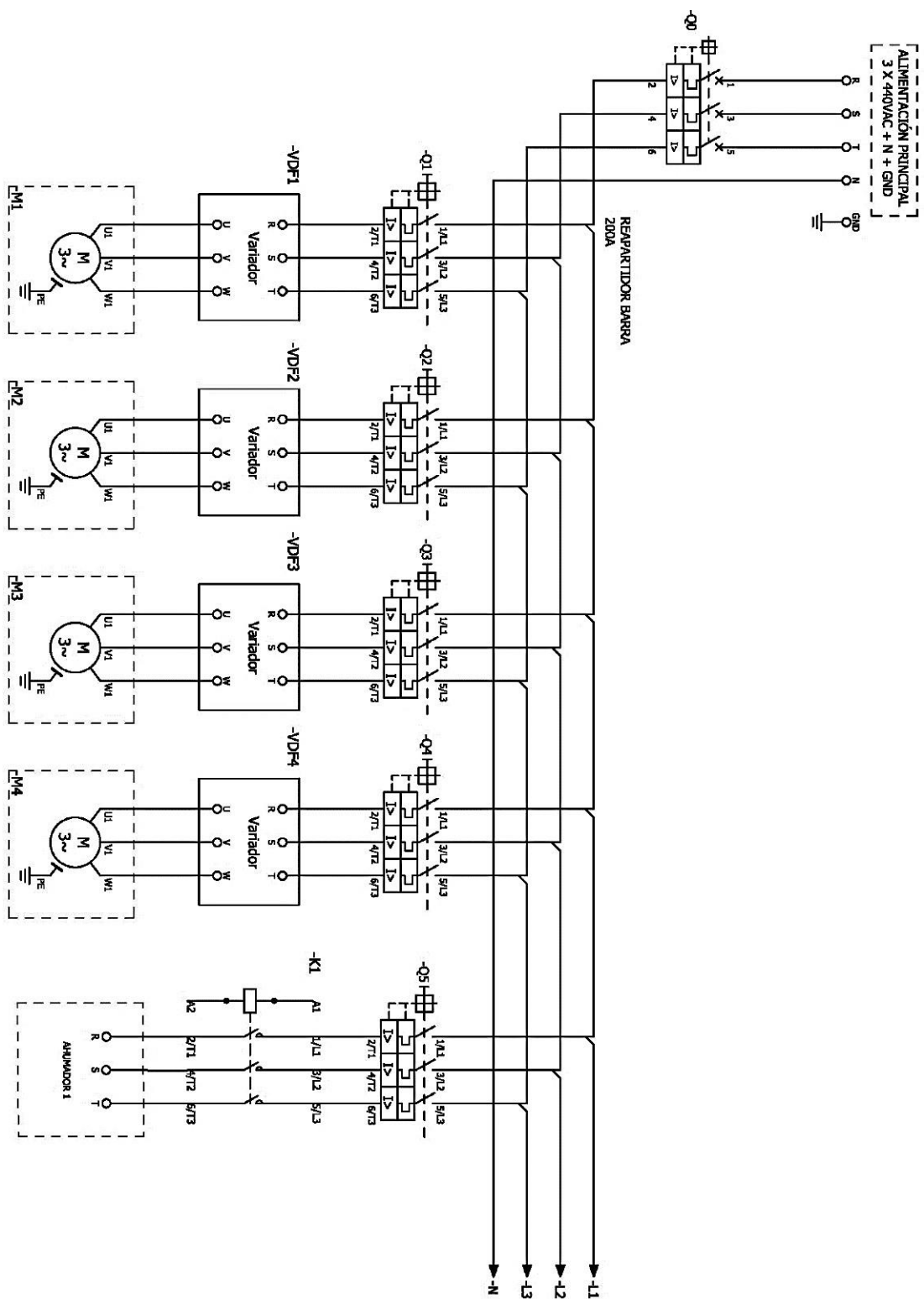


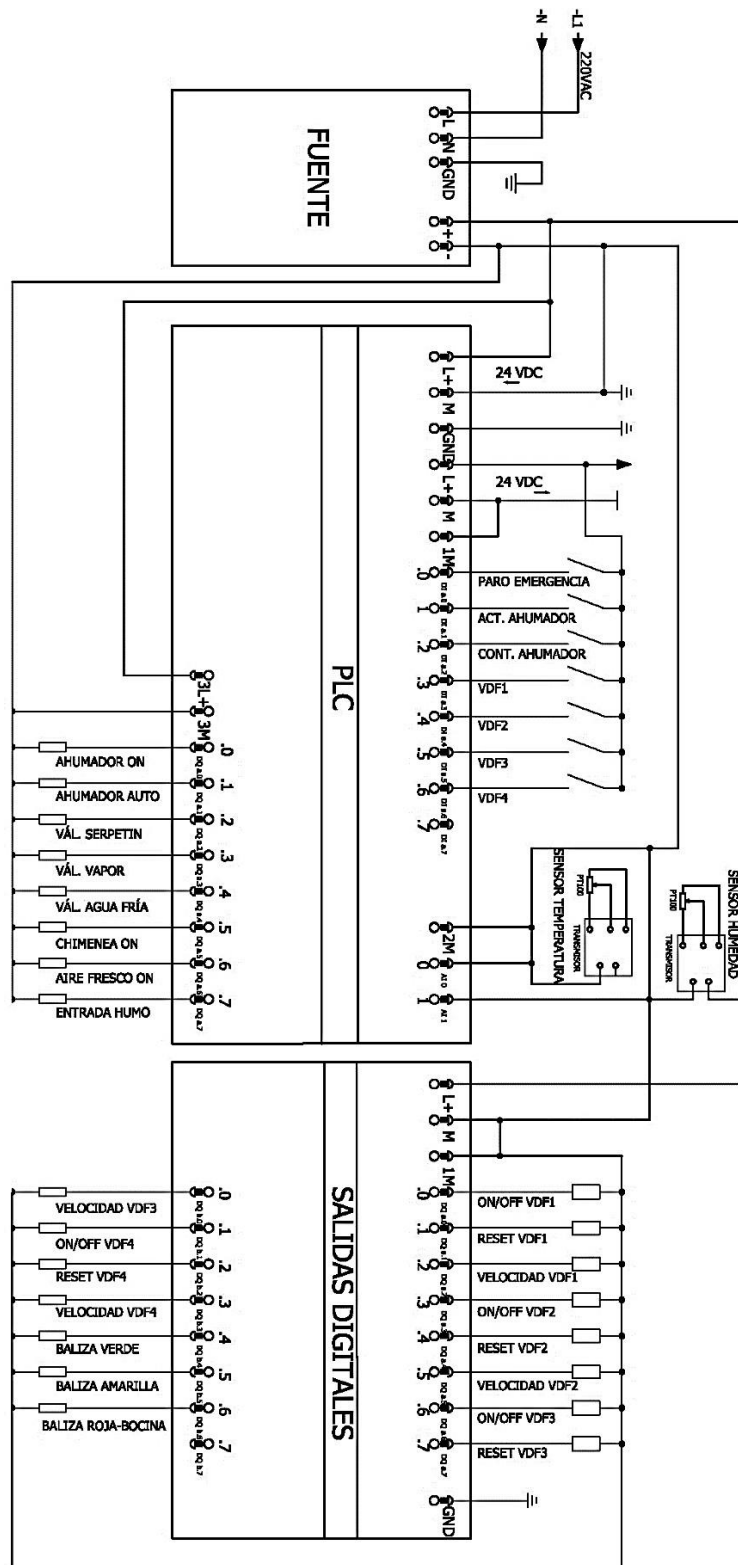
Las conexiones y los terminales tienen que ser colocados por personal especializado, con el objetivo de tener todo el sistema en un adecuado control y manejo en funcion de las especificaciones que se emiten de forma periodica,

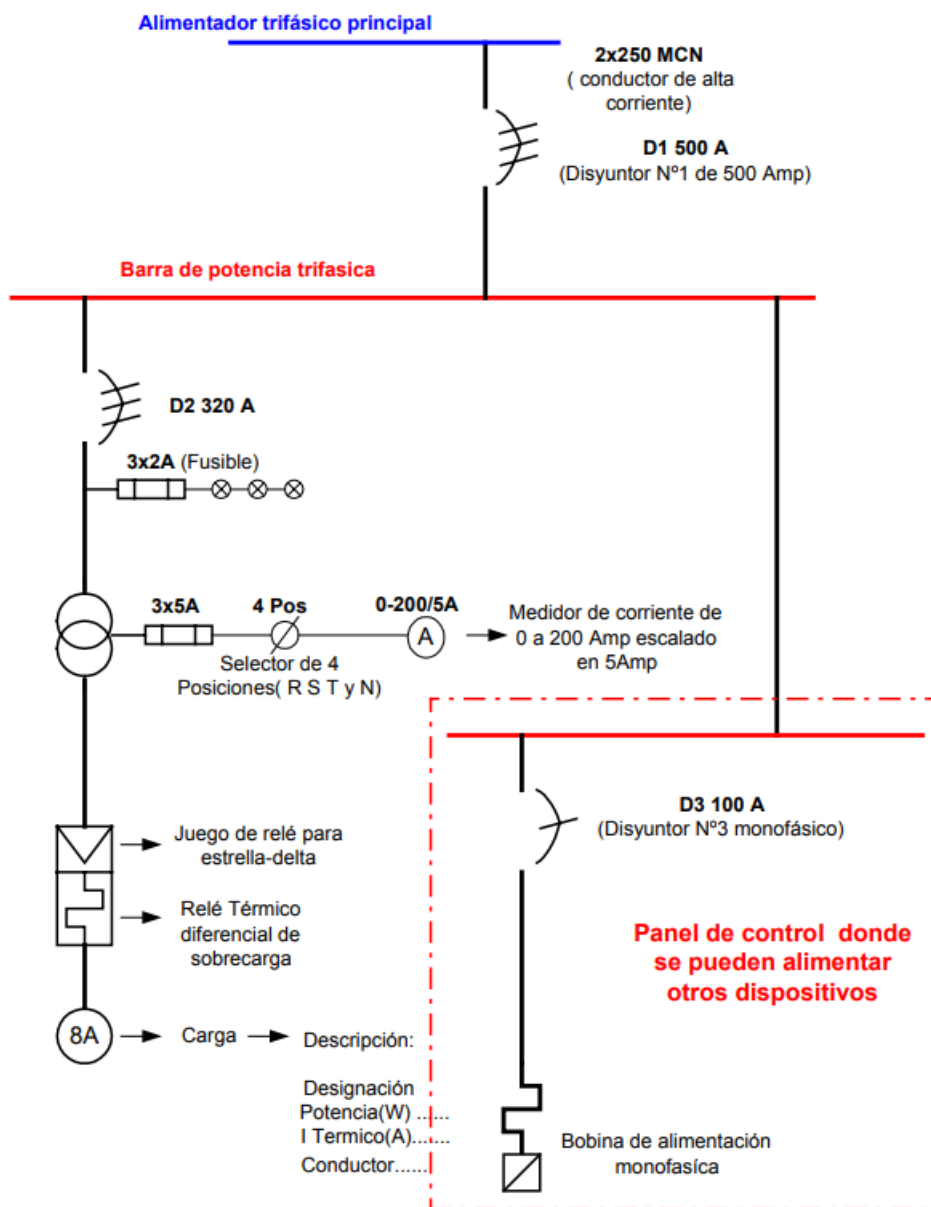


Anexo 2. Plano eléctrico.









Anexo 3. Eficiencia 2020 vs 2021

AÑO	MES	TIEMPO PROGRAMADO (H)	TIEMPO REAL (H)	TIEMPO DE PARADA (H)	EFICIENCIA	PRODUCCION BUENA (TN)	UCCION RECHAZAD	MERMA META (8%)	META 8% (TN)
2020	ENERO	580	480	100	82.8%	80.0	8.80	11.0%	5.93
	FEBRERO	520	430	90	82.7%	71.7	9.16	12.8%	5.31
	MARZO	550	440	110	80.0%	73.3	8.71	11.9%	5.43
	ABRIL	490	400	90	81.6%	66.7	8.67	13.0%	4.94
	MAYO	500	410	90	82.0%	68.3	9.20	13.5%	5.06
	JUNIO	580	470	110	81.0%	78.3	9.10	11.6%	5.80
	JULIO	590	480	110	81.4%	80.0	8.96	11.2%	5.93
	AGOSTO	600	505	95	84.2%	84.2	8.85	10.5%	6.23
	SETIEMBRE	580	470	110	81.0%	78.3	9.40	12.0%	5.80
	OCTUBRE	560	460	100	82.1%	76.7	9.33	12.2%	5.68
	NOVIEMBRE	560	450	110	80.4%	75.0	9.18	12.2%	5.56
	DICIEMBRE	600	480	120	80.0%	80.0	8.87	11.1%	5.93
2021	FEBRERO	288	245	43	85.1%	40.8	3.93	9.6%	3.02
	MARZO	580	543	37	93.6%	90.5	7.62	8.4%	6.70